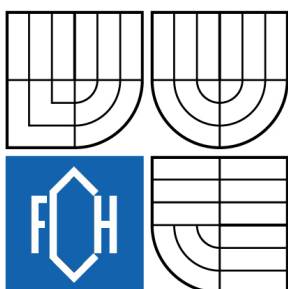




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ
ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ
FACULTY OF CHEMISTRY
INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

OBSAH TOXICKÝCH A ESENCIÁLNÍCH PRVKŮ V BIOPOTRAVINÁCH A JEJICH POROVNÁNÍ S BĚŽNÝMI POTRAVINAMI

CONTENT OF TOXIC AND ESENTIAL ELEMENTS IN BIO FOODSTUFFS
AND THEIR COMPARING WITH ORDINARY FOODSTUFFS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

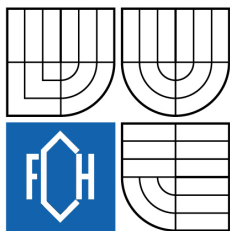
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. NINA KOHOUTKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. EVA VITOULOVÁ, Ph.D.

BRNO 2009



Vysoké učení technické v Brně
Fakulta chemická
Purkyňova 464/118, 61200 Brno 12

Zadání diplomové práce

| | | |
|------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------|
| Číslo diplomové práce: | FCH-DIP0233/2008 | Akademický rok: 2008/2009 |
| Ústav: | Ústav chemie potravin a biotechnologií | |
| Student(ka): | Bc. Nina Kohoutková | |
| Studijní program: | Chemie a technologie potravin (N2901) | |
| Studijní obor: | Potravinářská chemie a biotechnologie (2901T010) | |
| Vedoucí diplomové práce: | Ing. Eva Vitoulová, Ph.D. | |
| Konzultanti diplomové práce: | | |

Název diplomové práce:

Obsah toxických a esenciálních prvků v biopotravinách a jejich porovnání s běžnými potravinami

Zadání diplomové práce:

Cílem diplomové práce je podat přehled o výskytu toxických a esenciálních prvků v rostlinném materiálu se zaměřením na ořechy a semena. Práce by měla shrnout hlavní negativní účinky toxických prvků na organismus a u vybraných esenciálních prvků jejich hlavní funkce v těle. Práce by se měla zabývat problematikou biopotravin a srovnáním výsledků prvkové analýzy u biopotravin a běžných potravin. Uvedeny by měly být metody, kterými lze prvkové zastoupení v těchto potravinách stanovit. Vzorky pro analýzu budou připraveny pomocí mineralizace za použití mikrovlnné pece a rozložené vzorky budou analyzovány metodami ICP-MS nebo ICP-OES.

Termín odevzdání diplomové práce: 22.5.2009

Diplomová práce se odevzdává ve třech exemplářích na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu diplomové práce. Toto zadání je přílohou diplomové práce.

Bc. Nina Kohoutková
Student(ka)

Ing. Eva Vitoulová, Ph.D.
Vedoucí práce

doc. Ing. Jiřina Omelková, CSc.
Ředitel ústavu

V Brně, dne 1.10.2008

doc. Ing. Jaromír Havlica, DrSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem této práce bylo stanovit zastoupení toxických a esenciálních prvků přítomných ve vzorcích ořechů a semen z ekologického zemědělství a porovnat je s ořechy a semeny z konvenční zemědělské produkce. Tyto ořechy a semena lze (s výjimkou bio pinií, bio pekanových ořechů a bio pistácií) zakoupit na Českém trhu. Obsah prvků byl stanoven hmotnostní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS) po předchozí mineralizaci vzorků v mikrovlnné peci. Tato práce shrnuje hlavní fyziologické účinky toxických a esenciálních prvků. Výsledky byly porovnány také s ostatními studiemi. Z celkových naměřených obsahů všech esenciálních prvků nevyplývá, že by bio ořechy a semena měla vyšší obsah těchto prvků, celkový obsah toxických prvků je však v bio ořechách a semenech nižší než v nebio. Pro přesnější výsledky by bylo zapotřebí změřit větší množství vzorků.

ABSTRACT

The aim of this study is to determine the content of toxic and essential elements in samples of nuts and seeds produced by ecologic agriculture and to compare results with nuts and seeds from conventional agriculture production. These nuts and seeds can be bought in the Czech market (except bio pine nuts, bio pecan nuts and bio pistachios). The amount of elements was analysed using inductively coupled plasma mass spectrometry after previous digestion of samples using microwaves. This study summarizes the main physiological functions of toxic and essential elements. Results were also compared with another studies. It does not results from all measured amounts of all essential elements, that bio nuts and seeds have higher amounts of these elements; however, all amounts of toxic elements in bio nuts and seeds are lower than in the no-bio ones. For more precise results it would be necessary to measure more samples.

KLÍČOVÁ SLOVA

Toxické prvky, esenciální prvky, biopotraviny, ořechy, semena, hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem

KEYWORDS

Toxic elements, essential elements, bio foodstuff, nuts, seeds, inductively coupled plasma mass spectrometry

KOHOUTKOVÁ, N. *Obsah toxických a esenciálních prvků v biopotravinách a jejich porovnání s běžnými potravinami*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2009. 78 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Eva Vitoulová, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citovala. Diplomová práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího diplomové práce a děkana FCH VUT.

.....

OBSAH

| | |
|----------------------------------------------------------------|----|
| 1 Úvod | 7 |
| 2 Teoretická část | 8 |
| 2.1 Minerální látky | 8 |
| 2.1.1 Esenciální prvky | 8 |
| 2.1.1.1 Draslík | 8 |
| 2.1.1.2 Hořčík | 9 |
| 2.1.1.3 Vápník | 9 |
| 2.1.1.4 Sodík | 9 |
| 2.1.1.5 Mangan | 10 |
| 2.1.1.6 Měď | 10 |
| 2.1.1.7 Selen | 10 |
| 2.1.1.8 Zinek | 11 |
| 2.1.1.9 Železo | 11 |
| 2.1.2 Toxické prvky | 13 |
| 2.1.2.1 Arzen | 13 |
| 2.1.2.2 Rtuť | 14 |
| 2.1.2.3 Olovo | 16 |
| 2.1.2.4 Kadmium | 17 |
| 2.3 Ořechy a semena | 20 |
| 2.3.1 Arašidy – Burské oříšky | 20 |
| 2.3.2 Kešu | 21 |
| 2.3.3 Lískové ořechy | 22 |
| 2.3.4 Mandle | 22 |
| 2.3.5 Para ořechy | 23 |
| 2.3.6 Pekanové ořechy | 24 |
| 2.3.7 Pinie | 25 |
| 2.3.8 Pistácie | 26 |
| 2.3.9 Vlašské ořechy | 27 |
| 2.3.10 Dýňová semena | 28 |
| 2.3.11 Slunečnicová semena | 29 |
| 2.4 Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaný plazmatem | 31 |
| 2.4.1 Princip metody | 31 |
| 2.4.2 Instrumentace ICP-MS | 31 |
| 2.4.2.1 Generátory aerosolu | 31 |
| 2.4.2.2 Zavádění aerosolu do plazmatu | 33 |
| 2.4.2.3 Indukčně vázané plazma | 33 |
| 2.4.2.4 Interface | 34 |
| 2.4.2.5 Lontová optika | 35 |
| 2.4.2.6 Hmotnostní separátor – kvadrupól | 35 |
| 2.4.2.7 Detektor | 35 |
| 2.4.2.8 Registrace signálu a ovládání přístroje | 36 |
| 2.4.3 Spektrální a nespektrální interference | 36 |
| 2.4.3.1 Spektrální interference | 36 |
| 2.4.3.2 Nespektrální interference | 37 |
| 2.5 Mineralizace | 38 |
| 2.5.1 Mineralizace na suché cestě | 38 |
| 2.5.2 Mineralizace na mokré cestě | 39 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 3 Experimentální část..... | 40 |
| 3.1 Vzorky..... | 40 |
| 3.2 Příprava vzorků..... | 41 |
| 3.2.1 Použité pomůcky a přístroje..... | 41 |
| 3.2.2 Použité chemikálie | 41 |
| 3.3 Instrumentální podmínky měření na ICP-MS..... | 42 |
| 4 Výsledky a diskuze..... | 44 |
| 4.1 Porovnání obsahu stanovovaných prvků ve vzorcích ořechů a semen..... | 44 |
| 4.1.1 Sodík | 47 |
| 4.1.2 Hořčík..... | 49 |
| 4.1.3 Draslík..... | 50 |
| 4.1.4 Vápník | 52 |
| 4.1.5 Mangan | 53 |
| 4.1.6 Železo | 54 |
| 4.1.7 Měď | 56 |
| 4.1.8 Zinek | 57 |
| 4.1.9 Selen..... | 59 |
| 4.1.10 Arzen..... | 60 |
| 4.1.11 Kadmium | 62 |
| 4.1.12 Olovo..... | 63 |
| 4.1.13 Rtuť | 65 |
| 4.2 Porovnání bio a nebio ořechů z hlediska obsahu prvků | 66 |
| 4.3. Porovnání ořechů a semen z hlediska země původu | 68 |
| 4.4 Diskuze | 69 |
| 4.4.1 Z hlediska obsahu prvků | 69 |
| 4.4.2 Z hlediska typu ořechu a semene | 70 |
| 5 Závěr | 72 |
| 6 Seznam použitých zdrojů | 73 |
| 7 Seznam použitých zkratk | 76 |
| 8 Seznam příloh | 77 |
| 9 Přílohy | 78 |

1 ÚVOD

Tato práce se zabývá porovnáním obsahu vybraných toxických prvků a některých esenciálních prvků v ořeších a semenech bio a ne-bio kvality. Za bio-potraviny jsou považovány ty, které jsou na svém obalu označeny certifikátem bio kvality nebo slovem “organic“, pokud pochází z jiné země než České republiky.

Tzv. osvědčení o původu bioproduktu uděluje Ministerstvo zemědělství ze zákona 242/2000 Sb. o ekologickém zemědělství a v pozdějších zněních na základě žádosti. Pěstitel či chovatel se dobrovolně zavazuje dodržovat podmínky dané tímto zákonem. Jako bioprodukt je zde definován produkt pocházející z ekologického zemědělství. Mezi principy ekologického zemědělství patří střídání plodin na zemědělských půdách, dodržování přísných limitů pro používání pesticidů, antibiotik a syntetických hnojiv, nesmí se pěstovat geneticky modifikované plodiny a mělo by se využívat místních zdrojů [1].

Současný trend ve výživě prosazuje biopotraviny jako prostředky zdravé výživy a jako potraviny, které jsou pěstovány v souladu se zásadami ochrany životního prostředí. Biopotraviny jsou vzhledem k těmto šetrným pěstovatelským technikám považovány za bohatší na makro- a mikronutrienty a naopak chudší na těžké kovy.

Obsah vybraných prvků byl stanoven hmotnostní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem. Tato metoda se vyznačuje možností určit i velmi nízké obsahy prvků, což je především pro těžké kovy nezbytné, neboť je jejich nízké zastoupení předpokladatelné. Ořechy a semena použitá ke stanovení v této práci pochází z dovozu z různých zemí, a proto byl porovnán obsah prvků i vzhledem k zemi původu.

Cílem této práce bylo stanovení obsahu makro- a mikroprvků ve vzorcích ořechů a semen a porovnání jejich obsahu vzhledem ke konstatování výrobce, odkazující se na jejich kvalitu a potvrzení či vyvrácení všeobecného názoru na biopotraviny, jako hodnotnější náhrady komerčně dodávaných výrobků. Závěry této práce lze pokládat za relevantní vzhledem k malému počtu vzorků pouze pro konkrétní zakoupené výrobky. Jako vzorky byly zvoleny některé ořechy a semena, která jsou k zakoupení především na českém trhu, proto nelze výsledky aplikovat na celé spektrum českých výrobků eventuálně celosvětovou produkci.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Minerální látky

Pod pojmem minerální látky v potravinách jsou myšleny takové prvky, které jsou přítomny v popelu potraviny po úplné oxidaci (spálení) organického podílu. Jejich obsah v popelu je 0,5 - 3 hm. % [2].

Minerály jsou pro život nepostradatelné a stejně jako vitamíny nemají energetickou hodnotu. Tvoří asi 4 % hmotnosti těla a na jejich příjmu z potravy je organismus zcela závislý [3].

Členit minerály do různých skupin lze podle řady kritérií – podle jejich množství v potravinách, podle biologického nebo nutričního významu, nebo např. podle původu [2].

Minerální látky se v závislosti na jejich množství v potravinách dělí [2]:

- majoritní minerální prvky (stovky až desetitisíce mg/kg): Na, K, Mg, Ca, Cl, P a S
- minoritní minerální prvky (desítky až stovky mg/kg): Fe, Zn
- stopové prvky (desítky mg/kg a méně): Al, As, B, Cd, Co, Cr, Cu, F, Hg, I, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sn

Toto dělení je variabilní, protože je závislé na zvolené potravíně. Jinak řečeno některé majoritní prvky mohou být v některých potravinách minoritní či stopové a naopak. Tyto odlišnosti jsou dány metabolismem daného prvku, genetickými předpoklady, podmínkami produkce, hnojením, klimatickými podmínkami, stupněm zralosti a především pro potraviny rostlinného původu obsahem těchto prvků v půdě [2].

Jinou možností je dělení minerálních látek podle jejich fyziologické funkce na [2]:

- Esenciální:
 - majoritní prvky: Na, K, Mg, Ca, Cl, P, S
 - stopové prvky: Fe, Zn, Mn, Cu, Ni, Co, Mo, Cr, Se, I, F, B, Si
- Toxické: Pb, Cd, Hg, As
- Neesenciální: Li, Rb, Cs, Ti, Au, Sn, Bi, Te, Br

Minerály řazené do první skupiny (esenciální) jsou takové, které jsou přítomny ve zdravých tkáních organismu, v různých biologických druzích je jejich zastoupení podobné, jejich vyloučení ze stravy vede opakovaně k fyziologické nerovnováze v organismu, ke vzniku různých nemocí až smrti v případě úplného deficitu a jejich opětovné přijímání ve stravě vede k nápravě tohoto stavu. Jako toxické jsou označeny ty prvky, které inhibují některé důležité enzymy, a tím blokují fyziologické pochody. U zástupců neesenciálních minerálních látek není dosud známa jejich funkce v organismu, nelze je řadit ani k toxickým prvkům a jejich výskyt v tkáních a tělních tekutinách je stopový [2].

2.1.1 Esenciální prvky

Ve zkoumaných ořechách a semenech byl stanoven obsah těchto esenciálních prvků: draslík, hořčík, vápník, sodík, mangan, měď, selen, zinek a železo.

2.1.1.1 Draslík

Draslík se spolu se sodíkem a chlórem podílí na udržení elektrického potenciálu na buněčných membránách a udržení acidobazické rovnováhy, přenosu nervových vzruchů, je to především hlavní nitrobuněčný kationt. Podílí se také na metabolismu sacharidů – aktivace glykolytických enzymů, proteinů a kyslíku v mozku. Udržuje správné napětí ve svalech, je nezbytný pro správnou funkci srdce [2,3].

Asi 98 % je vázáno nitrobuněčně a při hmotnosti 70 kg představuje přibližně 130 g. Minimální denní potřeba je 15 mg a DDD (DDD = doporučená denní dávka) je 2000 mg [2,3].

K deficitu dochází během ztrát tekutin a to především ze zažívacího traktu – zvracení, průjem a poruchy příjmu potravy, nebo při užívání léků, které tyto stavy navozují – diuretika, projímadla, popř. při některých onemocněních ledvin. Hypokalémie se projevuje ochabnutím svaloviny, poruchám srdečního rytmu, únavou, špatnou činností střev a močového měchýře [2,3].

Mezi hlavní zdroje draslíku patří peckoviny – meruňky, švestky, dále banány a ořechy [3].

2.1.1.2 Hořčík

Hořčík je kofaktorem řady reakcí – především tvorby a hydrolýzy ATP, podílí se na stavbě kostí, snižuje nervosvalovou dráždivost, společně s draslíkem je to důležitý nitrobuňkový kationt, upravuje činnost srdce a krevního oběhu a podporuje imunitu [2,3].

Ke vstřebávání dochází z asi 30 – 40 %, resorpci snižuje přítomnost vápníku, fosfátů, proteinů, nasycených mastných kyselin a vlákniny [3]. Doporučený denní příjem je 100 - 500 mg [3,4]. Hypomagnezémie se objevuje při dlouhodobějším zvracení, průjemech nebo při nedostatečném příjmu z potravy, nebo poruchách vstřebávání stravy ze střev (Cronova choroba a další). Nedostatek se projevuje tetanickými spazmy, třesem, nepravidelným srdečním rytmem, únavou až ospalostí a během těhotenství migrénou [3,5].

Sníženou hladinu hořčíku lze doplnit konzumací mandlí a ostatních ořechů, celozrnným pečivem, masem, vnitřnostmi a mléčnými výrobky [3].

2.1.1.3 Vápník

Obsah vápníku v těle je asi 1200 g, z čehož 99,5 % je v kostech a zubech a 0,5 % představuje nevázaný objem, především v plazmě, kde se podílí na přeměně protrombinu na trombin. Je také důležitý pro svalovou činnost, aktivuje některé enzymy a ovlivňuje propustnost membrán [3].

Hladina v krvi je regulována parathyroidními hormony, kalcitoninem a vitamínem D. Zvýšený obsah fosforu ve stravě ve formě fosfátu váže vápenaté ionty. Také další látky snižují vstřebávání vápníku - kofein, nadměrný příjem bílkovin a sodíku (nadměrné solení). Naopak některé látky vstřebávání podporují – kyselina chlorovodíková, laktóza a další [3].

Vstřebává se především z horní části tenkého střeva a to z 30 - 80 %. Optimální příjem vápníku je závislý na věku a pohlaví, nejvyšší je v období dospívání (11 - 24 let). Nedostatek vápníku se neprojeví hned, neboť je při nedostatečném příjmu uvolňován z kostí. Při dlouhodobém nedostatku vzniká osteoporóza, zvýšená nervosvalová dráždivost a poruchy srážlivosti krve. Nadměrné ukládání vápníku do měkkých tkání, bolesti břicha, zvracení, zácpa a tvorba ledvinových kamenů je naopak projevem zvýšené konzumace doplňků stravy s vápníkem [3].

K hlavním zdrojům vápníku patří mléčné výrobky, chléb, sardinky, tofu, sezam, mandle, mák, luštěniny a zelenina [3].

2.1.1.4 Sodík

Sodné ionty jsou hlavním extracelulárním kationtem v těle, podílí se na regulaci množství vody v organismu (jejím zadržování) a na nervové a svalové dráždivosti [3].

Byla prokázána souvislost mezi vysokým krevním tlakem a zvýšenou konzumací sodíku, tedy především zvýšenou konzumací kuchyňské soli, protože ta, je hlavním zdrojem sodíku. Dalšími projevy nadbytku, je zvýšená lomivost kostí, protože se spolu se sodíkem z organismu vylučuje i vápník. Poruchy metabolismu jsou provázeny poruchami obsahu vody. Nedostatek vzniká při extrémní tělesné námaze doprovázené silným pocením, nebo při velkém zvracení, průjmu, či poruše ledvin. Je-li v těchto případech podávána pouze voda,

nastává hyponatrémie. Ta se projevuje únavou, svalovou slabostí, křečemi, selháním krevního oběhu až bezvědomím [2,3].

2.1.1.5 Mangan

Mangan je v určité dávce pro tělo nezbytný (1,8 - 2,3 mg), ale naopak ve vysoké koncentraci toxický. Spolu se selenem, zinkem a mědí je klíčovým prvkem antioxidačních pochodů v lidském těle. V mitochondriích některých organismů je superoxiddismutáza vázána právě s manganem. Je buď přímo součástí enzymů nebo je jejich aktivátorem. Takto se podílí na metabolismu sacharidů, aminokyselin a cholesterolu. Je nezbytný pro správný vývoj chrupavek a kostí a napomáhá hojivým procesům [2,3].

Nedostatek je poměrně vzácný a projevuje se úbytkem hmotnosti, dermatitidou, trávicími potížemi a nízkou hladinou cholesterolu. Může ho způsobit nadměrná konzumace železa a hořčíku, který nejen snižuje jeho vstřebávání, ale zároveň také zvyšuje jeho vylučování. Chronická otrava se projevuje především u horníků v dolech nebo u pacientů s onemocněním jater (porucha vylučování manganu) nechutenstvím, bolestmi hlavy, křečemi v nohou, impotencí, poruchami řeči, nervové soustavy a halucinacemi [2,3].

Mangan se vyskytuje v celozrnných obilovinách, čaji, mase, rybách, ořechích a pivovarských kvasnicích [3].

2.1.1.6 Měď

Měď je v organismu součástí enzymů metabolismu katecholaminů, podílí se na transportu železa, na tvorbě pojivové tkáně a je obsažena v cytochromu c. Tento stopový prvek je nepostradatelný pro správnou funkci kolagenu a elastinu a metabolismus melaninu (pigmentace). Jak již bylo zmíněno dříve, spolu s dalšími minerály je jedním z hlavních antioxidačních činitelů. DDD je 900 µg [2,3].

Nízká hladina mědi se projevuje Menkesovou chorobou, vyznačující se tzv. „kinky hair“. Nedostatek mědi v organismu vzniká např. při nitrožilní výživě. Deficit je u člověka velmi vzácný a projevuje se vyšší hladinou cholesterolu v krvi, změnami srdečního rytmu a glukózovou intolerancí. Nadbytek vzniká při dědičné tzv. Wilsonově chorobě, která způsobuje mutaci genu pro tvorbu ATP a vzniká tak komplex Cu-ATP. Tato choroba se může projevovat selháváním jater, poruchou řeči, špatnou koordinací pohybů a psychickými poruchami [2,3,6].

Zdrojem mědi jsou játra, maso, ryby, luštěniny, ořechy a houby [3].

2.1.1.7 Selen

Podobně jako u manganu je i u selenu pro správné vykonávání fyziologických funkcí nízká denní dávka nezbytná, ale vysoká dávka je toxická. Selen je vázán na řadu bílkovin a glutathionperoxidásu, patří mezi antioxidační skupinu prvků a mezi další metabolickou funkci patří přeměna neúčinného tyroxinu na trijódtyronin, který je nepostradatelný pro fungování štítné žlázy. Selen se někdy přidává do šampónů na vlasy, protože má preventivní účinek na vznik lupů, působí příznivě na imunitní systém, revmatickou artritidu a to především v kombinaci s vitamínem D a E [2,3].

Nedostatek je opět spojen s poruchou vstřebávání nebo s genetickými poruchami, jako je fenylketonurie a léčbou antiepileptiky, které mohou způsobit jeho deficit. Svalová slabost, anémie, cirhóza a zvýšené riziko nádorových onemocnění jsou hlavní důsledky nízké koncentrace selenu v organismu. Ve výjimečných případech vznikne tzv. Keshanská nemoc, projevující se poruchami srdečního rytmu. Nadbytek se projeví především na snížené kvalitě nehtů, vlasů a pokožky, poruchami respirace, krvácivostí, cirhózou až selháním ledvin [2,3].

Doplnit nedostatek lze zařazením vhodných potravin do stravy, především mořských plodů a ryb, vajec, česneku, para ořechů a fazolí [3].

2.1.1.8 Zinek

Zinek je nezbytný pro správnou funkci imunitního systému a pro fungování téměř 200 enzymů. Je strukturální složkou buněčných membrán, DNA-polymerázy, RNA-polymerázy, ribosomů a je nepostradatelný pro růst [2,3].

Mezi příznaky deficitu patří porucha růstu a hojení ran, porucha imunity, vypadávání vlasů, šeroslepost, impotence, poruchy gastrointestinálního traktu a centrálního nervového systému. Ke ztrátám může dojít při popáleninách, hormonálních poruchách, dlouhodobé těžké fyzické zátěži, u vegetariánů a alkoholiků, ale např. také při zánětu střev a průjmech. Příjem převyšující 150 - 450 mg zinku denně způsobuje nízkou hladinu mědi a železa, poruchy imunity a tvorby cholesterolu [3,7].

Zinek se vyskytuje v ovesných vločkách, červeném mase, měkkýších, mléčných výrobcích, zelenině a ořeších [3].

2.1.1.9 Železo

Železo se účastní přenosu kyslíku v hemoglobinu, kde je vázáno dvoutřetinové množství železa přítomného v organismu, dále je vázáno v myoglobinu. Vyskytuje se v hemových enzymech (cytochromu, oxygenázy a peroxidázy) a v nehemových enzymech (např.: sukcinátdehydrogenáza, jaterní xanthinoxidáza aj.) [2,3,8].

Nedostatek vzniká buď nedostatečným přísunem do organismu, nebo vysokými ztrátami krve, což je u žen především během menstruace. Dalšími rizikovými skupinami jsou lidé s poruchami ledvin, nedostatečným přísunem vitamínu A a vegetariáni. Hlavním příznakem nedostatku je anémie, poruchy na sliznicích, únava, slabost, poruchy imunity a problémy s udržení tělesné teploty. Vyšší příjem je nutný pro těhotné ženy, kde by nedostatek mohl způsobit nízkou porodní váhu plodu nebo až potrat. Hemochromatóza, tedy hromadění železa v orgánech je typickým příznakem otravy železem, rovněž probíhá Fentonova reakce, která podporuje tvorbu volných radikálů [3,8].

Při nedostatku lze železo doplnit konzumací vnitřností, masa, vajec, luštěnin, cereálií a špenátu [3].

Následující **Tab.1.** udává doporučené denní dávky (DDD) minerálů (DRI = dietary reference intake) podle Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academy of Science v USA a podle vyhlášky č. 450/2004 Sb. o označování výživové hodnoty potravin v České republice, pokud jsou tímto zákonem definovány. Výživová doporučená dávka (RDA = recommended dietary allowance) představuje takový denní příjem živiny, který při současné úrovni znalostí kryje potřebu většiny (podle statistických kritérií 97 – 98 %) zdravých příslušníků přesně definované populační skupiny [9].

Tab.1. Doporučená denní dávka minerálů pro děti, muže a ženy (m/ž) [9,10]

| Název minerálu | Draslík (g) | Hořčík (mg) | Vápník (g) | Sodík (g) | Mangan (mg) | Měď (μg) | Selen (μg) | Zinek (mg) | Železo (mg) |
|----------------|-------------|-------------|------------|-----------|-------------|----------|------------|------------|-------------|
| Věk | | | | | | | | | |
| 0 – 6 měsíců | 0,4 * | 30 * | 0,21 * | 0,12 * | 0,003 * | 200 * | 15 * | 2 * | 0,27 * |
| 7 – 12 měsíců | 0,7 * | 75 * | 0,27 * | 0,37 * | 0,6 * | 220 * | 20 * | 3 | 11 |
| 1 – 3 roky | 3,0 * | 80 | 0,5 * | 1,0 * | 1,2 * | 340 | 20 | 3 | 7 |

Tab.1. Doporučená denní dávka minerálů pro děti, muže a ženy (m/ž) – pokračování [9,10]

| Název minerálu | Draslík (g) | Hořčík (mg) | Vápník (g) | Sodík (g) | Mangan (mg) | Měď (μg) | Selen (μg) | Zinek (mg) | Železo (mg) |
|-----------------|-------------|-------------|------------|-----------|-------------|----------|------------|------------|-------------|
| Věk | | | | | | | | | |
| 4 – 8 let | 3,8 * | 130 | 0,8 * | 1,2 * | 1,5 * | 440 | 30 | 5 | 10 |
| 9 – 13 let | 4,5 * | 240 | 1,3 * | 1,5 * | 1,9 / 1,6 * | 700 | 40 | 8 | 8 |
| 14 – 18 let | 4,7 * | 410 / 360 | 1,3 * | 1,5 * | 2,2 / 1,6 * | 890 | 55 | 11 / 9 | 11 / 15 |
| 19 – 30 let | 4,7 * | 400 / 310 | 1,0 * | 1,5 * | 2,3 / 1,8 * | 900 | 55 | 11 / 8 | 8 / 18 |
| 31 – 50 let | 4,7 * | 420 / 320 | 1,0 * | 1,5 * | 2,3 / 1,8 * | 900 | 55 | 11 / 8 | 8 / 18 |
| 51 – 70 let | 4,7 * | 420 / 320 | 1,2 * | 1,3 * | 2,3 / 1,8 * | 900 | 55 | 11 / 8 | 8 |
| > 70 let | 4,7 * | 420 / 320 | 1,2 * | 1,2 * | 2,3 / 1,8 * | 900 | 55 | 11 / 8 | 8 |
| Česká republika | | 300 | 0,8 | | | | | 15 | 14 |

* odpovídající příjem (AI = adequate intakes): AI je stanovena na základě experimentálně získaných dat a je odvozena od zřetelně dostatečného příjmu nutrientu u zdravých, dobře živěných skupin obyvatel, u nichž udržuje saturaci organismu definovanou např. normální hladinou nutrientu v krvi. Na rozdíl od RDA nebyla dosud adekvátně validována [9].

DDD minerálů pro kojící matky a těhotné jsou v příloze (**Příloha 1**).

2.1.2 Toxické prvky

Výskyt toxických prvků v potravinách souvisí především s jejich výskytem v životním prostředí. Mezi antropogenní zdroje patří spalování fosilních paliv, průmyslová výroba kovů a související produkce odpadů, nepřiměřené používání minerálních hnojiv, nebo aplikace čistírenských kalů do půd a další. Mezi přírodní zdroje patří zvětrávání hornin, lesní požáry a vulkanická činnost. Nelze říci, že by jeden zdroj byl příčinou výskytu jen toxických prvků, ale i celé řady ostatních jako např. Ti, Ga, Ni, Zn a dalších. Je tedy obtížné určit specifický zdroj kontaminace jednotlivými prvky; ovzduší a vodní toky navíc zanášejí prvky do značných vzdáleností [2].

2.1.2.1 Arzen

Arzen je 20. nejčastěji se vyskytujícím prvkem v zemské kůře a tvoří s více než 245 minerálů sloučeniny (např.: měď, nikl, olovo, kobalt aj.) [11]. Patří mezi polokovy a přirozeně se vyskytuje ve třech alotropních modifikacích – žlutá, černá a šedá. Chemicky je velmi podobný fosforu a je stálý v oxidačních stavech As^{-III} , As^{+III} a As^{+V} , přičemž trojmocný je 3x - 5x toxičtější než pětímocný. Kovový arzen je netoxický, ale je v těle metabolizován na toxické sloučeniny [2]. V celém organismu je přítomno přibližně 3 - 4 mg arzenu a jeho množství je závislé na věku jedince [11].

- Výskyt v životním prostředí a distribuce

V přírodě se vyskytuje v podobě sulfidových minerálů. Průmyslově se vyrábí hlavně oxid arzenitý, roční světová výroba je asi 60 tis. t. Některé sloučeniny arzenu se dříve používaly jako pesticidy pro postřik ovocných stromků a vinné révy, jiné k ošetření tabáku a bavlny. Syntetické organické sloučeniny se v některých zemích (USA aj.) používají jako stimulanty růstu u prasat a drůbeže a jako veterinária [2].

Arzen vstupuje do životního prostředí hlavně z hutní činnosti a spalování uhlí, ale také z ovzduší, minoritně z minerálních a termálních vod [2]. Do podzemních vod arzen vstupuje tak, že se zvětráváním hornin se sulfidem arsenitým mění na prachové částice s As_2O_3 , který se spolu se srážkami dostanou do řek a spodních vod, odkud se mohou dostat i do potravního řetězce [11]. Arzen je v půdě na rozdíl od ostatních toxických prvků značně mobilní, trojmocný arzen je rozpustnější než pětímocný. Mobilita těžkých kovů v půdě je závislá na pH, redoxním potenciálu a je determinující pro začlenění kovu do rostliny a tedy i do potravního řetězce. Toto je však závislé i na druhu rostliny, mezi akumulanty patří špenát, hlávkový salát, některé olejniny, a také na rozložení kovu v jednotlivých částech rostliny (obvykle nejvíce arzenu obsahuje kořenový systém). Vodní organismy jsou akumulanty sloučenin arzenu [2].

- Výskyt v potravinách

Více než 10 % arzenu (z celkového množství) je obsaženo v potravinách v anorganické formě [11]. Vysoké koncentrace arzenu jsou charakteristické pro mořské ryby (asi 0,54 $\mu\text{g/g}$ na váhu celé ryby a více než 77 $\mu\text{g/g}$ v oleji z jater [11]) a koryše (více než 100 $\mu\text{g/g}$ [11]), ale zde se vyskytuje arzen pouze v netoxických sloučeninách např. arzenocholinu a arzenobetainu. Vyšší koncentrace je také v ovsu, rýži a v některých vínech. Významný zdroj arzenu může také představovat tabákový kouř. Tolerovaná denní dávka v potravinách je 140 μg , skutečné denní dávky se pohybují od 17 do 130 μg [2].

Tab. 2. Nejvyšší přípustné množství (NPM) arzenu v potravinách [12]

| Potravina | NPM (mg/kg) |
|---------------------------|-------------|
| Čokoláda a kakaové máslo | 0,5 |
| Výrobky z kakaa | 1,0 |
| Dětská a kojenecká výživa | 0,1 |
| Ocet | 1,0 |
| Ovoce a ovocné šťávy | 0,2 |

- Metabolismus a toxické účinky

Arzen se ze zažívacího traktu resorbuje jen z asi 5 - 25 %. Organické sloučeniny se z potravy zřejmě resorbují úplně [2]. To jak bude arzen v organismu metabolizován, závisí na oxidačně-redukční reakci mezi As^{+III} a As^{+V} a následné metylační reakci v játrech. Krevní cestou vstupuje do různých orgánů, kde způsobuje jejich poškození [11].

Anorganické sloučeniny arzenu se kumulují především ve vlasech, nehtech a kůži a to kvůli jeho afinitě ke keratinu. Normální koncentrace ve vlasech je 0,5 mg/kg [2] (0,08 - 0,25 µg/g [11]), přičemž koncentrace přesahující 1 µg/g je indikátorem otravy [11]. As^{+III} a As^{+V} prostupují placentou, jak bylo ověřeno na laboratorních zvířatech [6]. Chronická otrava může nastat již při konzumaci >10 mg arzenu denně [11]. Anorganické sloučeniny jsou metabolizovány na kys. dimethylarsinovou a kys. methylarsonovou, které jsou vylučovány močí. Toxicita je podmíněna jeho reakcí s thiolovými skupinami enzymů – glutathionoxidázy, cholinesterázy, kofaktory aj. Akutní otrava se projevuje bolestmi břicha, zvracením a průjmem, slabým dýcháním a chabou srdeční činností. Smrt nastává po 1 - 4 dnech po dávce 70 - 180 mg. Chronická otrava se projevuje úbytkem hmotnosti, sníženou slinivostí, zhoršeným zrakem, ale především kožními projevy – otoky, ekzémy, dále motorickou obrnou, spavostí aj. Arzen je také karcinogenní, mutagenní a teratogenní [2].

2.1.2.2 Rtuť

Rtuť je kapalný, stříbrolesklý kov, jehož páry jsou jedovaté. Vzácně se vyskytuje ryzí, častěji vázaná na jiné kovy – amalgámy zlata, stříbra, zinku, olova aj. Jedinou přírodní rudou je sulfid rtuťnatý – rumělka (asi 87 % Hg), ze které se rtuť pražením získává, uvolňují se páry elementární rtuti, které potom kondenzují. Ročně se takto vyrobí asi 7 tis. t. hlavně pro elektrotechnické účely (baterie, ale i výroba chlóru), nátěrové hmoty, fungicidy a zubní lékařství [2].

- Výskyt v životním prostředí a distribuce

Ke zvýšené koncentraci rtuti v ovzduší přispívá především vulkanická činnost, spalování uhlí a použití v průmyslových výrobcích, což vyplývá z těkavých vlastností rtuti. Při 24 °C obsahuje 1 m³ vzduchu 18 mg Hg [2].

Většina rtuťnatých solí je rozpustná ve vodě s výjimkou chloridu rtuťnatého a sulfidu rtuťnatého, přesto je obsah rtuti ve vodách stopový, v mořské vodě ještě nižší, přesto vzhledem k objemu moří, jsou to velké reservoáry rtuti. Ve vodním prostředí dochází k chemickým přeměnám rtuti – metylační reakce účinkem bakterií a hub, oxidačně-redukční reakce a srážecí reakce. V anaerobních podmínkách může dokonce docházet k redukci rtuťnatých solí na elementární rtuť nebo rtuťnaté ionty a vzniká nerozpustný chlorid rtuťnatý, soli také přecházejí do sedimentů [2].

Vodní organismy silně akumuluji rtuť, nejvíce bezobratlí, asi 90 % rtuti v nich obsažených je methylováno [2].

V půdě díky alkalické reakci vzniká oxid a uhličitán rtuťnatý a rovněž účinkem sirných bakterií nerozpustný sulfid rtuťnatý, vzhledem k malé mobilitě, je do rostlin rtuť vstřebávána

nepatrně. Některé houby obsahují vyšší koncentrace rtuti. V tělech zvířat je jeho obsah determinován přijímanou potravou, akumuluje se v játrech a ledvinách [2].

- Výskyt v potravinách

Koncentrace rtuti v potravinách se pohybuje od 0,0001 - 0,01 mg/kg. Vysoký obsah rtuti je v houbách, rybách, měkkýších a korýších. Tolerovaná denní dávka rtuti je 50 µg, methyl rtuti 33 µg, skutečné denní dávky jsou od 0,7 - 14 µg [2].

Tab.3. Nejvyšší přípustné množství (NPM) rtuti v potravinách [12]

| Potravina | NPM (mg/kg) |
|---------------------------|-------------|
| drůbež | 0,05 |
| obiloviny | 0,05 |
| mouka | 0,03 |
| rýže | 0,03 |
| zelenina | 0,03 |
| brambory | 0,02 |
| ovoce | 0,03 |
| dětská a kojenecká výživa | 0,02 |

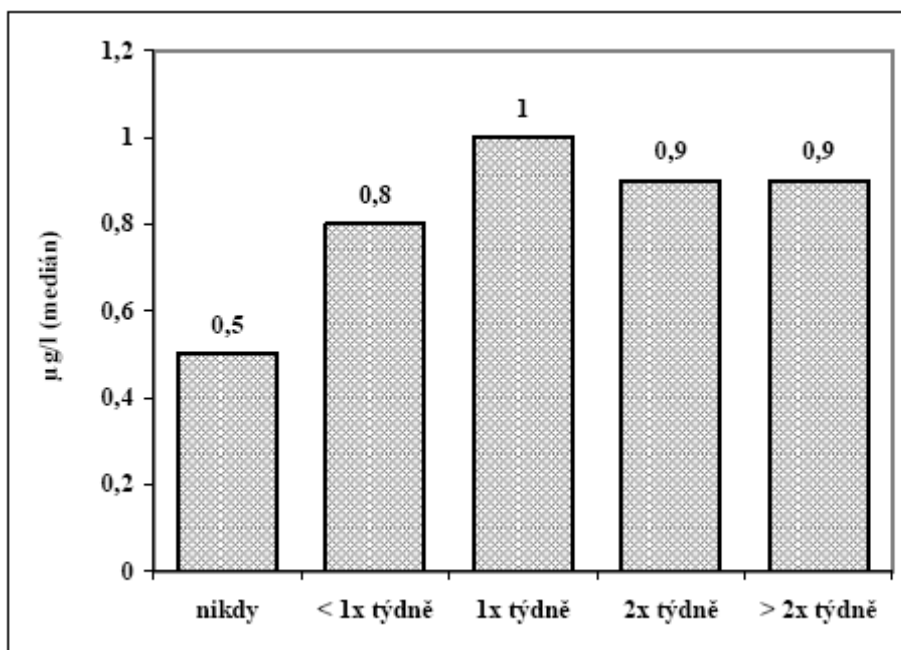
- Metabolismus a toxické účinky

Z potravy se rtuť resorbuje z asi 7 %, ukládá se v játrech, ledvinách a v mozku, hromadí se ve vlasech a nehtech. Rtuť má podobné účinky jako arzen - má afinitu k thiolovým skupinám peptidů a enzymů. Elementární rtuť je méně toxická než alkylovaná, tedy významná je methylrtuť, která se vyskytuje hlavně v rybách. K otravám anorganickou rtutí dochází jen při profesionální expozici [2].

Účinky jednotlivých forem rtuti se liší – při otravě methylrtutí převládají neurotoxické účinky (poruchy zraku, sluchu, řeči), morfologické změny v mozku a také teratogenní účinky, anorganické sloučeniny rtuti vedou ke snížené produkci moči až selhání ledvin, dochází v psychickým poruchám. Při otravě požitím nastává nadměrné slinění, kovová chuť v ústech, otoky dásní, vypadávání zubů, zvracení, třes. Při inhalaci navíc přibývá zánět průdušek, kašel, dýchací potíže. K léčbě otravou se používají komplexotvorné sloučeniny [2].

- Stav koncentrace rtuti u obyvatel České republiky

Zvolenou pozorovací maticí je krev, moč a vlasy. Přičemž výsledky koncentrace v krvi ukazují na obsah metylrtuti (především z ryb), koncentrace v moči mají vztah k anorganickým formám rtuti (pod 10 µg/dm³ a hodnota je závislá na množství amalgámových zubních výplní) a hladina ve vlasech opět koresponduje s organickými formami rtuti a výsledek odpovídá cca 80 % celkové koncentrace [13].



Graf 1. Koncentrace rtuti v krvi dospělých v závislosti na konzumaci ryb, 2007 [13]

Navržená referenční hodnota koncentrace rtuti v moči pro rok 2007 je 6,8 µg/g kreatininu, bez ohledu na množství amalgámových výplní. Skutečné hodnoty mediánu byly 1,1 µg/g kreatininu a 95% percentilu 5,7 µg/g kreatininu [13].

2.1.2.3 Olovo

Za normálních podmínek je olovo měkký, kujný a odolný kov, vyskytující se v oxidačních stavech Pb^{2+} a Pb^{4+} . Kovové olovo se používá k výrobě akumulátorů, plechů a trubek, anorganické sloučeniny jsou v nátěrových hmotách, pigmentech, olovnatém skle, organické sloučeniny jako tetraethyl- a tetramethylolovo jsou součástí pohonných hmot [2].

- Výskyt v životním prostředí a distribuce

Olovo se vyskytuje především v sulfidových a karbonátových rudách. V ovzduší se vyskytuje v závislosti na znečištění prostředí, ve vodách se objevuje jen stopově, zato v sedimentech toků je koncentrace podstatně vyšší. Vodní organismy jsou jako akumulanty těžkých kovů zmíněny již dříve (ústřice, slávky, krevety...). Mobilita olova se stejně jako ostatních těžkých kovů (mimo arzen) v půdě zvyšuje v kyselém a oxidačním prostředí. Obsah olova v játrech a ledvinách zvířat je závislý na konzumované stravě popř. kontaminované těžkými kovy [2].

- Výskyt v potravinách

Obsah olova v potravinách je malý a proměnlivý. Některé druhy zeleniny, hub, olejnatých semen a někdy i vína více ukládají olovo než jiné (viz arzen). Z živočišných potravin nejvíce olova obsahují vnitřnosti, u starších zvířat se koncentrace zvyšuje. V konzervovaných potravinách uchovávaných v plechovkách se někdy objevují vyšší hladiny, a to ze sloučeniny s cínem, kterou je zataven šev (proto jsou dětské potraviny baleny do skla) [2].

Tolerovaná denní dávka olova je 500 µg, skutečné denní dávky jdou od 27 - 180 µg. Zvýšené koncentrace byly naměřeny u lidí konzumujících vína [2].

Tab.4. Nejvyšší přípustné množství (NPM) olova v potravinách [12]

| Potravina | NPM (mg/kg) |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| potraviny v plechových obalech s výjimkou nápojů a kojenecké a dětské výživy | 1,0 |
| brambory a výrobky z brambor (loupané brambory) | 0,2 |

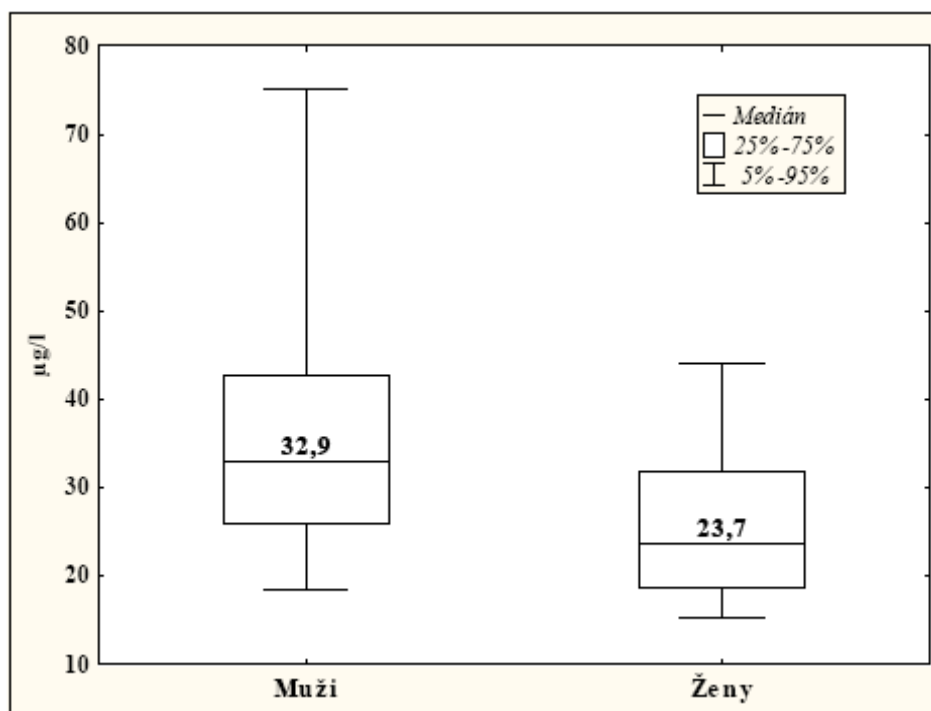
- Metabolismus a toxické účinky

Olovo se do organismu vstřebává nejen z potravy, ale i z plic. Resorpce je závislá na věku (u dospělých okolo 10 %, u dětí až 50 %), složení potravy (souvisí s vyšším příjmem bílkovin) a zdravotním stavu. Vstřebané olovo se ukládá do kostí, jater a ledvin (které poškozuje), část je vylučována žlučí a močí. Jak vyplývá z výše uvedené účinnosti vstřebávání u dětí, jsou ohroženy již malými dávkami, otrava se projevuje pomalejším mentálním a fyzickým vývojem [2].

Inhibice syntézy porfyrinů, tedy pokles množství hemoglobinu vedoucí k anémii je důležitým signálem otravy, dále vede expozice k poškození nervového systému a poruchách motoriky [2].

- Stav koncentrace olova u obyvatel České republiky

Byly měřeny koncentrace olova pouze v krvi, protože koncentrace v moči nemají vypovídající hodnotu. Celkově lze konstatovat že se hodnoty koncentrace v krvi od 80. let snižují s ohledem na profesionálně neexponovanou populaci. Hladina je ovlivněna pohlavím (muži více) a věkem [13].



Graf 2. Koncentrace olova v krvi mužů a žen, 2007 [13]

2.1.2.4 Kadmium

Kadmium je bílý kov podobný cínu, oxidační stavy kadmia jsou hlavně Cd^{+II} , Cd^{+I} je silně nestálý. Dříve se používal hlavně v barvířství, dnes průmyslově využívá na výrobu akumulátorů, slitin, pájek, stabilizátor při výrobě PVC a k pokovování různých součástek [2].

- Výskyt v životním prostředí a distribuce

V zemské kůře se vyskytuje jen vzácně v sulfidových rudách jako greenockit CdS. Obsah kadmia v ovzduší je jako u olova závislý na znečištění prostředí. Ve vodních tocích je koncentrace velmi nízká, opět vyšší je v sedimentech. Tak jako již bylo dříve zmíněno hromadí vodní živočichové ve svých tělech i kadmium. O mobilitě v půdě, akumulaci rostlin a výskytu kadmia v játrech a ledvinách zvířat platí stejné podmínky jako u olova [2].

- Výskyt v potravinách

Nepatrný obsah kadmia v potravinách a v rostlinách, především máku, doprovází již popsany výskyt olova. Až jednotky mg/kg kadmia mohou obsahovat ledviny kontaminovaných zvířat, zvláště pokud se jedná o starší kusy [2]. Biologická dostupnost kadmia je v různých potravinách různá, proto by měly být stanoveny různé limity pro různé potraviny [14].

Tolerovaná denní dávka kadmia je 67 - 83 µg, skutečné denní dávky jsou 10 - 33 µg [2].

Tab.5. Nejvyšší přípustné množství (NPM) kadmia v potravinách [12]

| Potravina | NPM (mg/kg) |
|---------------------------|-------------|
| mléko | 0,01 |
| vejce | 0,02 |
| luštěniny | 0,20 |
| chléb, pečivo | 0,10 |
| dětská a kojenecká výživa | 0,10 |
| nealkoholické nápoje | 0,05 |
| pivo | 0,05 |
| víno | 0,05 |

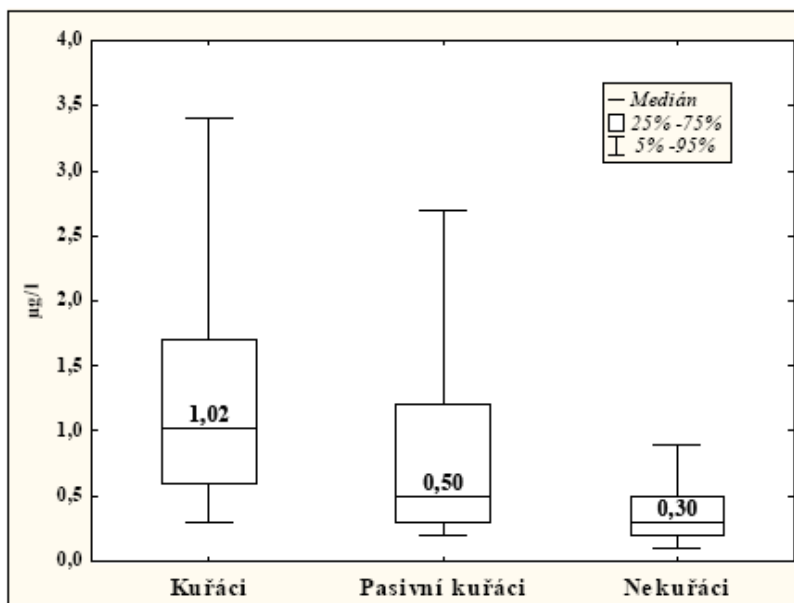
- Metabolismus a toxické účinky

Kritický nedostatek některých esenciálních prvků (Zn, Fe, Ca) má za následek vyšší absorpci a kumulaci kadmia v organismu laboratorních zvířat. Bylo také zjištěno, že další toxické prvky mají vliv na biologickou dostupnost kadmia [14]. U kuřáků může být denní expozice kadmia až 1 - 2 µg. Resorbovaný podíl je 6 % i více, obsah kadmia je u nekuřáků 0,2 - 3 µg/dm³ (0,2 - 0,8 µg/dm³ [13]), u kuřáků 0,2 - 5 µg/dm³ (1,4 - 4,5 µg/dm³ [13]). Absorbované množství je krevním řečištěm dopraveno do jater a ledvin, v ledvinách zdravého člověka je 4 - 10 mg. Tvorba metalothineinu brání akutnímu poškození jater a ledvin, pokud však nepřesáhne obsah 100 mg/kg. Kadmium vykazuje teratogenní a karcinogenní účinky, poškozuje kromě ledvin a jater také pohlavní orgány a ovlivňuje krevní tlak [2].

Akutní intoxikace se projevuje výskytem bílkovin a cukrů v moči, přitom se močí téměř nevylučuje. Chronická intoxikace vede k dekalifikaci, řídnutí a ztenčování kostí [2].

- Stav koncentrace kadmia v krvi u obyvatel České republiky

Hodnoty koncentrace kadmia v krvi obyvatel odráží hodnoty v předešlých monitorovacích obdobích a jednoznačně ukazují vliv kouření, neboť je hladina kadmia v krvi u kuřáku přibližně trojnásobná než u nekuřáků [13].



Graf 3. Koncentrace kadmia v krvi kuřáků, nekuřáků a pasivních kuřáků, 2007 [13]

U české populace není rozdíl mezi koncentrací kadmia v moči u kuřáků a nekuřáků, nebo žen a mužů a má pro rok 2007 hodnotu mediánu 0,30 µg/g kreatininu [13].

2.3 Ořechy a semena

2.3.1 Arašidy – Burské oříšky

Burské ořechy (viz **Obr.1.**) jsou plody Podzemnice olejné (*Arachis hypogea* L.), jsou zvláštní tím, že po oplození se semeník květu vtáhne pod zem, kde dozraje [4].



Obr.1. Arašidy [15]

Obsah vitamínů reprezentuje kyselina listová, niacin (nejvíce ze všech potravin), vitamín E, B₁ a B₆. Ořechy obsahují hořčík, fosfor, železo a draslík, jehož obsah dosahuje 40 % DDD ve 100 g. Zinku, mědi a manganu je v arašidech více než v mase a rybách. [4]

Tab.6. Obsah minerálů a vitamínů v 100 g arašídů podle ministerstva zemědělství USA [16]

| Název minerálu nebo vitamínu | Množství | % DDD |
|------------------------------|-----------|---------|
| Vápník | 70,00 mg | 8,75 |
| Železo | 3,70 mg | 26,43 |
| Hořčík | 225,00 mg | 75,00 |
| Draslík | 597,00 mg | 12,70* |
| Sodík | 12,00 mg | 0,80* |
| Zinek | 3,80 mg | 25,33 |
| Měď | 1,28 mg | 142,22* |
| Mangan | 1,94 mg | 94,63* |
| Vitamín B ₁ | 0,20 mg | 14,29 |
| Vitamín B ₂ | 0,20 mg | 12,50 |
| Niacin | 4,70 mg | 26,11 |
| Vitamín B ₅ | 2,05 mg | 34,17 |
| Vitamín B ₆ | 0,30 mg | 15,00 |
| Kys. listová | 50,00 µg | 25 |

% DDD byly vypočítány buď z hodnoty DDD pro Českou republiku, nebo pokud nebyly hodnoty k dispozici jako průměr hodnot pro muže a ženy ve věku 31 – 50 z hodnot akademie věd USA - označeny * (viz kap. 2.1)

2.3.2 Kešu

Kešu, která jsou na **Obr.2.** jsou semena stromu Ledvinovníku západního (*Anacardium occidentale* L.). Tato rostlina se pěstuje v tropických oblastech a dosahuje výšky 9 - 12 m [4].



Obr.2. Kešu [17]

Kešu mají sladkou a jemnou chuť. Obsahují vitamíny B₁, B₂ a B₅, kyselinu listovou, rovněž důležité minerály, jako hořčík, draslík, železo, fosfor a zinek (seřazeno sestupně podle množství). V obsahu hořčíku je předstihují slunečnicová semena, obsah vitamínu B₁, B₂ je větší v mandlích a vlašských ořechích. Kešu jsou také významným zdrojem monoenových a polyenových mastných kyselin - 35,14 g ve 100 g. Protože se kešu vyznačují především obsahem hořčíku, lze jejich konzumací hořčík doplnit [4].

Tab.7. Obsah minerálů a vitamínů ve 100 g kešu podle ministerstva zemědělství USA [16]

| Název minerálu nebo vitamínu | Množství | % DDD |
|------------------------------|-----------|---------|
| Vápník | 37,00 mg | 4,63 |
| Železo | 6,68 mg | 47,71 |
| Hořčík | 292,00 mg | 97,33 |
| Draslík | 660,00 mg | 14,04* |
| Sodík | 12,00 mg | 0,80* |
| Zinek | 5,78 mg | 38,53 |
| Měď | 2,19 mg | 243,33* |
| Mangan | 1,66 mg | 80,98* |
| Selen | 19,90 µg | 36,12* |
| Vitamín B ₁ | 0,42 mg | 30,00 |
| Vitamín B ₂ | 0,06 mg | 3,75 |
| Niacin | 1,06 mg | 5,89 |
| Vitamín B ₅ | 0,86 mg | 14,33 |
| Vitamín B ₆ | 0,42 mg | 21,00 |
| Vitamín E | 0,90 mg | 9,00 |

% DDD byly vypočítány buď z hodnoty DDD pro Českou republiku, nebo pokud nebyly hodnoty k dispozici jako průměr hodnot pro muže a ženy ve věku 31 – 50 z hodnot akademie věd USA – označeny * (viz kap. 2.1)

2.3.3 Lískové ořechy

Semena Lísky obecné (*Corylus avellana* L.) jsou (**Obr.3.**) asi 2 cm velká a ukrytá v tvrdém hnědém perikarpu [4].



Obr.3. Lískové ořechy [18]

Lískové ořechy jsou olejnatá semena s vysokým energetickým obsahem - 100 g ořechů má energii 2643 kJ. Obsah vitamínů je zastoupen malým množstvím vitamínů B₁, B₂, B₆, kyselinou listovou, naopak přes 200 % DDD ve 100 g vitamínu E a velmi nízkou koncentrací provitamínu A a vitamínu C. Hořčík, fosfor, železo, vápník a draslík (seřazeno sestupně podle DDD) mají podobné obsahy jako v ostatních ořeších [4].

Tab.8. Obsah minerálů a vitamínů ve 100 g lískových ořechů podle ministerstva zemědělství USA [16]

| Název minerálu nebo vitamínu | Množství | % DDD |
|------------------------------|-----------|---------|
| Vápník | 114,00 mg | 14,25 |
| Železo | 4,70 mg | 33,57 |
| Hořčík | 163,00 mg | 54,33 |
| Draslík | 680,00 mg | 14,47* |
| Sodík | 0 mg | 0* |
| Zinek | 2,45 mg | 16,33 |
| Měď | 1,73 mg | 192,22* |
| Mangan | 6,18 mg | 301,46* |
| Selen | 2,40 µg | 4,36* |
| Vitamín B ₁ | 0,64 mg | 45,71 |
| Vitamín B ₂ | 0,11 mg | 6,87 |
| Niacin | 1,80 mg | 10,00 |
| Vitamín B ₅ | 0,92 mg | 15,33 |
| Vitamín B ₆ | 0,56 mg | 28,00 |
| Vitamín E | 15,03 mg | 150,30 |
| Kys. listová | 113,00 µg | 56,50 |

% DDD byly vypočítány buď z hodnoty DDD pro Českou republiku, nebo pokud nebyly hodnoty k dispozici jako průměr hodnot pro muže a ženy ve věku 31 – 50 z hodnot akademie věd USA – označeny * (viz kap. 2.1)

2.3.4 Mandle

Strom Mandloně obecné (*Amygdalus communis* L. *varietas dulce*), jehož plody (viz **Obr.4.**) jsou sladké mandle, dorůstá výšky 3 - 6 m [4].



Obr.4. Mandle [19]

Plody mají široké kulinářské uplatnění, obsahují komplex esenciálních aminokyselin, více než 45 % hmotnosti semena představují tuky, z nichž je 34,1 % monoenoových mastných kyselin (hlavně kyselina linolová) a 11 % polyenoových mastných kyselin. Mandle obsahují vitamín E (podobně vysoký obsah jako lískové ořechy), niacin, B₂, kyselinu listovou. Ze skupiny minerálů jsou tyto ořechy významným zdrojem hořčíku, vápníku a fosforu, ale také železa a draslíku. Mandle jsou bohaté na zinek, měď a mangan [4]. Jak ukázala studie vědců z Human Nutrition Research Center on Aging, mandle začleněné do stravy (73 g denně) snižují hladinu biomarkerů oxidativního stresu v organismu, a to malondialdehydu (který vzniká oxidací polyenoových mastných kyselin především na membránách) o 19 % a isoprostanu (který vzniká oxidací membránové kyseliny arachidonové) o 27 % [20].

Tab.9. Obsah minerálů a vitamínů ve 100 g mandlí podle ministerstva zemědělství USA [16]

| Název minerálu nebo vitamínu | Množství | % DDD |
|------------------------------|-----------|---------|
| Vápník | 264,00 mg | 33,00 |
| Železo | 3,72 mg | 26,57 |
| Hořčík | 268,00 mg | 89,33 |
| Draslík | 705,00 mg | 15,00* |
| Sodík | 1,00 mg | 0,07* |
| Zinek | 3,08 mg | 20,53 |
| Měď | 0,99 mg | 110,00* |
| Mangan | 2,29 mg | 111,71* |
| Selen | 2,50 µg | 4,55* |
| Vitamín B ₁ | 0,21 mg | 15,00 |
| Vitamín B ₂ | 1,01 mg | 63,13 |
| Niacin | 3,39 mg | 18,83 |
| Vitamín B ₅ | 0,47 mg | 7,83 |
| Vitamín B ₆ | 0,14 mg | 7,00 |
| Vitamín E | 26,22 mg | 262,20 |

% DDD byly vypočítány buď z hodnoty DDD pro Českou republiku, nebo pokud nebyly hodnoty k dispozici jako průměr hodnot pro muže a ženy ve věku 31 – 50 z hodnot akademie věd USA - označeny * (viz kap. 2.1)

2.3.5 Para ořechy

Para ořechy nebo také Brazílské ořechy plodí až čtyřicetimetrový strom *Bertholletia excelsa Humb.* Plod podobný kokosu, měřící asi 16 cm, se po dozrání otevře a poskytne 20 - 24 ledvinovitých ořechů velikosti 3 - 4 cm, jak je vidět na **Obr.5.** [4].



Obr.5. Para ořechy [21]

Para ořechy obsahují až 25 % nasycených mastných kyselin (z celkového obsahu 66,2 % tuků), a proto nejsou vhodné ke konzumaci ve velkém množství. Významný je především obsah vitamínu E (pod 100 % DDD ve 100 g) a B₁. Minerály zastupuje vysoký obsah fosforu, dále hořčíku, zinku a vápníku [4].

Tab.10. Obsah minerálů a vitamínů ve 100 g para ořechů podle ministerstva zemědělství USA [16]

| Název minerálu nebo vitamínu | Množství | % DDD |
|------------------------------|-----------|---------|
| Vápník | 160,00 mg | 20 |
| Železo | 2,43 mg | 17,36 |
| Hořčík | 376,00 mg | 125,33 |
| Draslík | 659,00 mg | 14,02* |
| Sodík | 3,00 mg | 0,20* |
| Zinek | 4,06 mg | 27,07 |
| Měď | 1,74 mg | 193,33* |
| Mangan | 1,22 mg | 59,51* |
| Vitamín B ₁ | 0,62 mg | 44,29 |
| Vitamín B ₂ | 0,04 mg | 2,50 |
| Niacin | 0,29 mg | 1,61 |
| Vitamín B ₅ | 0,18 mg | 3,00 |
| Vitamín B ₆ | 0,10 mg | 5,00 |
| Vitamín E | 5,73 mg | 57,30 |

% DDD byly vypočítány buď z hodnoty DDD pro Českou republiku, nebo pokud nebyly hodnoty k dispozici jako průměr hodnot pro muže a ženy ve věku 31 – 50 z hodnot akademie věd USA – označeny * (viz kap. 2.1)

2.3.6 Pekanové ořechy

Pekanové ořechy, které jsou plody Ořechovce pekanového (*Carya illinoensis*), pochází ze Severní Ameriky. Jejich tvar podobný vlašským ořechům je vidět na **Obr.6.** [4].



Obr.6. Pekanové ořechy [22]

Obsahují hodně tuků - 41 g ve 100 g mononenasycených mastných kyselin, 22 g ve 100 g polynenasycených mastných kyselin [23]. Obsah mastných kyselin je zastoupen z 65 % kyselinou olejovou a z 26 % kyselinou linolovou [24]. Dále obsahují provitamín A, vitamín E a vitamíny skupiny B. Z minerálních látek pekanové ořechy obsahují draslík, fosfor, vápník a železo [16].

Tab.11. Obsah minerálů a vitamínů ve 100 g pekanových ořechů podle ministerstva zemědělství USA [16]

| Název minerálu nebo vitamínu | Množství | % DDD |
|------------------------------|-----------|---------|
| Vápník | 70,00 mg | 8,75 |
| Železo | 2,53 mg | 18,07 |
| Hořčík | 121,00 mg | 40,33 |
| Draslík | 410,00 mg | 8,72* |
| Sodík | 0 mg | 0* |
| Zinek | 4,53 mg | 30,20 |
| Měď | 1,20 mg | 133,33* |
| Mangan | 4,50 mg | 219,51* |
| Selen | 3,80 µg | 6,91* |
| Vitamín B ₁ | 0,66 mg | 47,14 |
| Vitamín B ₂ | 0,13 mg | 8,13 |
| Niacin | 1,17 mg | 6,50 |
| Vitamín B ₅ | 0,86 mg | 14,33 |
| Vitamín B ₆ | 0,21 mg | 10,50 |
| Vitamín E | 1,40 mg | 14,00 |
| Kys. listová | 22,00 µg | 11,00 |

% DDD byly vypočítány buď z hodnoty DDD pro Českou republiku, nebo pokud nebyly hodnoty k dispozici jako průměr hodnot pro muže a ženy ve věku 31 – 50 z hodnot akademie věd USA - označeny * (viz kap. 2.1)

2.3.7 Pinie

Pinie (viz **Obr.7.**) jsou plody Borovice piniové (*Pinus pinea* L.). Tento až 30m strom ukrývá mezi samičími dřevěnými šupinami květu malá semena [4].



Obr.7. Pinie [25]

Obsah 61 % tuků, složených převážně z polynenasycených mastných kyselin činí pinie významným zdrojem těchto kyselin. Semena obsahují nejvíce vitamínu B₁ ze všech zmiňovaných ořechů, dále obsahují niacin a kyselinu listovou. Obsah minerálů reprezentuje vysoká koncentrace hořčíku a z dalších minerálů hlavně železo. Pro některé choroby je však limitující obsah sodíku [4].

Tab.12. Obsah minerálů a vitamínů ve 100 g pinií podle ministerstva zemědělství USA [16]

| Název minerálu nebo vitamínu | Množství | % DDD |
|------------------------------|-----------|---------|
| Vápník | 16,00 mg | 2,00 |
| Železo | 5,53 mg | 39,50 |
| Hořčík | 251,00 mg | 83,67 |
| Draslík | 597,00 mg | 12,70* |
| Sodík | 2,00 mg | 0,13* |
| Zinek | 6,45 mg | 43,00 |
| Měď | 1,33 mg | 147,78* |
| Mangan | 8,80 mg | 429,27* |
| Selen | 0,70 µg | 1,27* |
| Vitamín B ₁ | 0,36 mg | 25,71 |
| Vitamín B ₂ | 0,23 mg | 14,38 |
| Niacin | 4,39 mg | 24,39 |
| Vitamín B ₅ | 0,31 mg | 5,17 |
| Vitamín B ₆ | 0,09 mg | 4,50 |
| Vitamín E | 9,33 mg | 93,30 |
| Kys. listová | 34,00 µg | 17,00 |

% DDD byly vypočítány buď z hodnoty DDD pro Českou republiku, nebo pokud nebyly hodnoty k dispozici jako průměr hodnot pro muže a ženy ve věku 31 – 50 z hodnot akademie věd USA - označeny * (viz kap. 2.1)

2.3.8 Pistácie

Pistácie pravá (*Pistacia vera L.*) plodí pistáciové oříšky, jejichž zelené jádro na **Obr.8.** je kryto tvrdou krustou [4].



Obr.8. Pistácie [26]

Pistácie jsou svým složením podobné piniím, mají však větší obsah proteinů a méně tuků. Obsah vitamínů není vyšší než 3 % DDD u provitaminu A ne více než 15 % DDD u vitamínu C. Relativně vysoký je obsah vitamínu B₁ (cca 60 % DDD). Obsah minerálů je naopak velmi příznivý - železo, fosfor, draslík a hořčík. Ze stopových prvků je přítomna především měď [4]. Podle studie vlivu konzumace pistácií na riziko kardiovaskulárních onemocnění náhrada 10 % energie ze stravy pistáciemi způsobí 9% pokles hladiny LDL cholesterolu, a náhrada 20 % energie 12% snížení [27].

Tab.13. Obsah minerálů a vitamínů ve 100 g pistácií podle ministerstva zemědělství USA [15]

| Název minerálu nebo vitamínu | Množství | % DDD |
|------------------------------|------------|---------|
| Vápník | 107,00 mg | 13,38 |
| Železo | 4,15 mg | 29,64 |
| Hořčík | 121,00 mg | 40,33 |
| Draslík | 1025,00 mg | 21,81* |
| Sodík | 1,00 mg | 0,07* |
| Zinek | 2,20 mg | 14,67 |
| Měď | 1,30 mg | 144,44* |
| Mangan | 1,20 mg | 58,54* |
| Selen | 7,00 µg | 12,73* |
| Vitamín B ₁ | 0,87 mg | 62,14 |
| Vitamín B ₂ | 0,16 mg | 10,00 |
| Niacin | 1,30 mg | 7,22 |
| Vitamín B ₅ | 0,52 mg | 8,67 |
| Vitamín B ₆ | 1,70 mg | 85,00 |
| Vitamín E | 2,30 mg | 23,00 |
| Kys. listová | 51,00 µg | 25,50 |

% DDD byly vypočítány buď z hodnoty DDD pro Českou republiku, nebo pokud nebyly hodnoty k dispozici jako průměr hodnot pro muže a ženy ve věku 31 – 50 z hodnot akademie věd USA – označeny * (viz kap. 2.1)

2.3.9 Vlašské ořechy

Až dvacetimetrový strom Ořešáku královského (*Juglans regia* L.) plodí dřevnaté a tvrdé ořechy, které obsahují hnědé a vrásčité semeno (viz **Obr.9.**)



Obr.9. Vlašské ořechy [28]

Společně s para ořechy mají vlašské ořechy největší energetickou hodnotu. Obsah tuků je 61,9 %, a to zejména polynenasycených mastných kyselin a lecitinu. Tento obsah mastných kyselin znamená, že při pravidelné konzumaci (5x a vícekrát týdně) se sníží riziko infarktu myokardu na polovinu, jak uvádí studie: A possible protective effect of nut consumption on risk of coronary heart disease [29]. Jsou rovněž zdrojem vitamínu B₁, B₂, B₃, B₆ a kyseliny listové. Ořechy jsou také významným zdrojem fosforu a draslíku a současně mají nízkou koncentraci sodíku. Dále obsahují hořčík, železo a vápník. Obsah stopových prvků je také relevantní - zinek, měď a mangan [4].

Tab.14. Obsah minerálů a vitamínů ve 100 g vlašských ořechů podle ministerstva zemědělství USA [16]

| Název minerálu nebo vitamínu | Množství | % DDD |
|------------------------------|-----------|---------|
| Vápník | 98,00 mg | 12,25 |
| Železo | 2,91 mg | 20,79 |
| Hořčík | 158,00 mg | 52,67 |
| Draslík | 441,00 mg | 9,39* |
| Sodík | 2,00 mg | 0,13* |
| Zinek | 3,09 mg | 20,60 |
| Měď | 1,59 mg | 176,67* |
| Mangan | 3,42 mg | 166,83* |
| Selen | 4,90 µg | 8,91* |
| Vitamín B ₁ | 0,34 mg | 24,29 |
| Vitamín B ₂ | 0,15 mg | 9,38 |
| Niacin | 1,13 mg | 6,28 |
| Vitamín B ₅ | 0,57 mg | 9,50 |
| Vitamín B ₆ | 0,54 mg | 27,00 |
| Vitamín E | 0,70 mg | 7,00 |
| Kys. listová | 98,00 µg | 49,00 |

% DDD byly vypočítány buď z hodnoty DDD pro Českou republiku, nebo pokud nebyly hodnoty k dispozici jako průměr hodnot pro muže a ženy ve věku 31 – 50 z hodnot akademie věd USA – označeny * (viz kap. 2.1)

2.3.10 Dýňová semena

Dýňi jež obsahují semena určená ke konzumaci (viz **Obr.10.**) je několik druhů, nejčastěji pochází z Tykve obecné (*Cucurbita pepo* L.) [4].



Obr.10. Dýňová semena [30]

Semena po odstranění vnější tvrdší světlé vrstvy mají zelenkavou barvu, jsou plochá a asi 1 cm velká. Dýňová semínka a dýňový olej se konzumuje především při problémech s prostatou, neboť obsahuje cucurbitaciny (triterpeny [31]), které brání přeměně testosteronu na dihydrotestosteron (stimuluje buňky prostaty). K této funkci také napomáhá obsah zinku. Z minerálů obsahují dýňová semena dále hořčík, mangan, měď a železo. Obsahují i vitamíny skupiny B (mimo B₁₂). Semena jsou také velmi bohatá na aminokyselinu tryptofan, které je ve stravě obecně málo [32]. Tryptofan je důležitý pro tvorbu hormonu epifyzy melatoninu, který řídí biologické hodiny a zlepšuje kvalitu spánku. Aminokyselina tryptofan je také prekurzorem serotoninu - hormon ovlivňující náladu. Při jeho nedostatku mohou vzniknout deprese a poruchy spánku [3].

Tab.15. Obsah minerálů a vitamínů ve 100 g dýňových semen podle ministerstva zemědělství USA [16]

| Název minerálu nebo vitamínu | Množství | % DDD |
|------------------------------|-----------|--------|
| Vápník | 55,00 mg | 6,88 |
| Železo | 3,13 mg | 22,36 |
| Hořčík | 262,00 mg | 87,33 |
| Draslík | 919,00 mg | 19,55* |
| Sodík | 18,00 mg | 1,20* |
| Zinek | 10,30 mg | 68,67 |
| Měď | 0,69 mg | 76,67* |
| Mangan | 0,50 mg | 24,39* |
| Vitamín B ₁ | 0,03 mg | 2,14 |
| Vitamín B ₂ | 0,05 mg | 3,13 |
| Niacin | 0,29 mg | 1,61 |
| Vitamín B ₅ | 0,06 mg | 1,00 |
| Vitamín B ₆ | 0,04 mg | 2,00 |
| Kys. listová | 9,00 µg | 4,50 |

% DDD byly vypočítány buď z hodnoty DDD pro Českou republiku, nebo pokud nebyly hodnoty k dispozici jako průměr hodnot pro muže a ženy ve věku 31 – 50 z hodnot akademie věd USA – označeny * (viz kap. 2.1)

2.3.11 Slunečnicová semena

Slunečnicová semínka (viz **Obr.11.**) jsou plody Slunečnice roční (*Helianthus annuus* L.). Rostlina s velkými žlutými květy dorůstá výšky až 2 m [4].



Obr.11. Slunečnicová semena [33]

Semena jsou především surovinou pro výrobu slunečnicového oleje. Slunečnice patří k nejbohatším zdrojům vitamínu E (500 % DDD ve 100 g) a B₁. Z minerálních látek je ve slunečnici nejvíce hořčíku, následuje fosfor, železo (podobný obsah jako v pistáciích), draslík, zinek a vápník [4].

Tab.16. Obsah minerálů a vitamínů ve 100 g slunečnicových semen podle ministerstva zemědělství USA [16]

| Název minerálu nebo vitamínu | Množství | % DDD |
|------------------------------|-----------|---------|
| Vápník | 78,00 mg | 9,75 |
| Železo | 5,25 mg | 37,50 |
| Hořčík | 325,00 mg | 108,33 |
| Draslík | 645,00 mg | 13,72* |
| Sodík | 9,00 mg | 0,60* |
| Zinek | 5,00 mg | 33,33 |
| Měď | 1,80 mg | 200,00* |
| Mangan | 1,95 mg | 95,12* |
| Selen | 53,00 µg | 96,36* |
| Vitamín B ₁ | 1,48 mg | 105,71 |
| Vitamín B ₂ | 0,35 mg | 21,88 |
| Niacin | 8,34 mg | 46,33 |
| Vitamín B ₅ | 1,13 mg | 18,83 |
| Vitamín B ₆ | 1,34 mg | 67,00 |
| Vitamín E | 33,23 mg | 332,30 |
| Kys. listová | 227,00 µg | 113,50 |

% DDD byly vypočítány buď z hodnoty DDD pro Českou republiku, nebo pokud nebyly hodnoty k dispozici jako průměr hodnot pro muže a ženy ve věku 31 – 50 z hodnot akademie věd USA - označeny * (viz kap. 2.1)

2.4 Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem

Pro stanovení stopových množství prvků pro potřebu této práce je tato analytická metoda velmi vhodná především proto, že meze detekce jsou podstatně nižší než u běžných metod, rychlost měření není limitující a rovněž malá spotřeba vzorku a rozlišení izotopů je velkou výhodou [34].

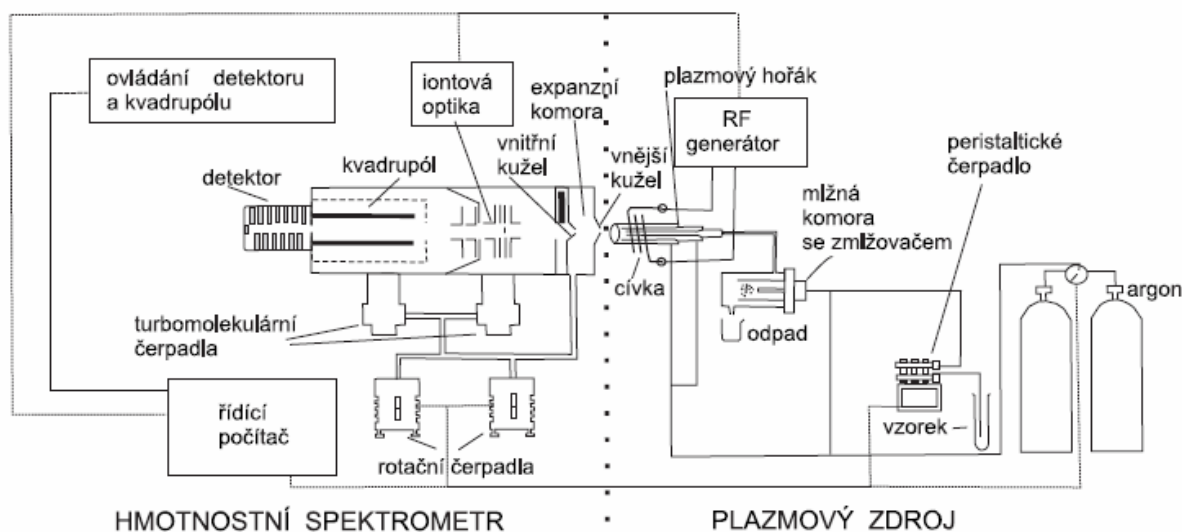
2.4.1 Princip metody

Principem metody je atomizace a ionizace vzorku v plazmatu a vedení iontů do separátoru, kde jsou děleny podle poměru m/z a detekovány elektronásobičem. Hmotnostní spektrum, které je výsledkem stanovení představuje polohou píků konkrétní izotop a velikostí jeho koncentraci [35].

Ionizace vzorku probíhá v argonovém indukčně vázaném plazmatu, které poskytuje stabilní proud iontů. Tato stabilita nepomíjí ani při zavedení vzorku do hlavice s plazmatem. Při teplotě 7500 - 8000 K je více než 50 prvků periodické tabulky ionizováno do prvního stupně z 90 % a více. Prvky s vysokým prvním ionizačním potenciálem vykazují nižší ionizace – př.: As 52 %, Se 33 % a Zn 75 % [35].

2.4.2 Instrumentace ICP-MS

Mezi základní části přístroje patří generátor aerosolu roztoku vzorku, plazmová hlavice s cívkou, interface, iontová filtrační optika, hmotnostní separátor, detektor a počítač spolu příslušným softwarem [34,35,36]. **Obr.12.** ukazuje propojení jednotlivých částí přístroje a vedení roztoku vzorku.



Obr.12. Schéma přístroje ICP-MS [37]

2.4.2.1 Generátory aerosolu

Pro vstup vzorku do proudu plazmatu argonu je nutné převést kapalný vzorek na aerosol. Toho lze dosáhnout buď pneumaticky, mechanicky nebo zvýšením teploty (na aerosol), nebo chemickou reakcí na těkavý hydrid [34].

- Pneumatické zmlžovače

Pneumatické zmlžovače se sacím účinkem jsou založeny na koexistenci plynové a roztokové kapiláry různého uspořádání, kde proud plynu strhává částice kapalného vzorku a mění je na aerosol [34,38].



Obr.13. Zmlžovač se sacím účinkem [39]

Zmlžovače bez sacího účinku fungují na jiném principu, a to tak, že kapalina stéká v tenkém filmu přes malý otvor, jímž je přiváděn plyn, nebo je roztok přiváděn na fritu, odkud je unášen plynem. Jsou to nejužívanějšími generátory aerosolu, jsou snadno dostupné a technicky jednoduché [34,38].

Roztoková kapilára u zmlžovačů se sacím účinkem má menší průměr (200 – 300 μm) než u zmlžovačů bez sacího účinku (1 mm), což může být limitující pro velikost pevných částic ve vzorku – kapilára se snadno ucpává. Navíc při vysoké koncentraci solí může docházet v ústí kapiláry ke krystalizaci, což má rovněž nepříznivý vliv na zmlžování. Řešením je použití zvlhčeného plynu nebo teflonové kapiláry [34].

Běžná transportní rychlost u sacích mechanismů je 1 - 2 $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$, což představuje pouze 5% účinek (poměr objemu zmlženého roztoku k objemu roztoku přivedeného do zmlžovače) na rozdíl od fritového (0,15 $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$), kde je deklarovaný účinek 63 %.

Aerosol přechází do zmlžovací komory, kde se separují větší částice a odhází do dopadu (tedy až 95 % u standardních generátorů) a menší částice jsou vedeny do plazmové hlavice. Nevýhoda fritových generátorů je však v relativně velkém paměťovém efektu. Pokud je objem vzorku malý, lze použít zmlžovače s recyklovatelným objemem [34].

- Ultrazvukové zmlžovače

Aerosol se vytváří stykem kapaliny s povrchem destičky, která kmitá frekvencí 1 - 10 MHz. Tyto zmlžovače mají vysoký účinek umožňují tak 10 - 100krát lepší meze detekce než pneumatické zmlžovače. Vliv viskozity je zanedbatelný a limitace průměrem kapiláry rovněž. Ultrazvukový generátor je často kombinován s vysoušečem aerosolu, protože díky vysoké účinnosti je do plazmatu zaváděno větší množství rozpouštědla, což v případě organických rozpouštědel má neblahý vliv na stabilitu plazmatu. Mezi hlavní nevýhody patří velký paměťový efekt, který limituje použití zmlžovače pro sériové stanovení [34, 36].

- Elektrotermické odpařování

Tato technika umožňuje analýzu kapalných, suspenzních i pevných vzorků. Principem odpařování je elektrický ohřev vzorku, převedení směsi vzniklých par a zavedení suchého aerosolu do plazmatu [35,38]. Při odpařování z kovového nebo grafitového podkladu dochází k přechodné tvorbě atomového oblaku, který má velkou hustotu ve srovnání s pneumatickými zmlžovači, což zvyšuje 10 - 100krát mez detekce oproti ET-AAS [34].

- Hydridová technika

Kovové prvky schopné tvořit hydridy (Ge, As, Se, Sn, Sb, Te, Pb a Bi) lze stanovit touto technikou. Roztok vzorku se přímo smíchá s redukčním činidlem – např.: NaBH_4 a okyslí.

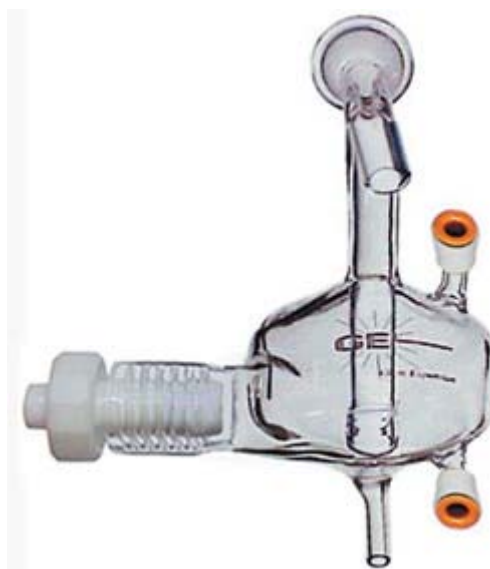
Vzniklé hydridy se snadno vypařují, jsou z roztoku separovány a přímo zavedeny do plazmatu. Výhodou této techniky je eliminace spektrálních interferencí, především vlivu chlorových sloučenin [36,38].

- Techniky vnášení pevného vzorku do výboje

Suchý aerosol nebo páry vzorku jsou tvořeny termickým odpařováním nebo elektroabrazivně. Odpařování z grafitové elektrody je uskutečňováno účinkem stejnosměrného nebo střídavého napětí, komplikace jsou dané rozdílnou těkavostí. Elektroabraze jiskrou se používá pro stanovení kovových materiálů. Nevodivé materiály lze smísit s grafitem nebo měděným práškem, tato technika však snižuje přesnost stanovení. Další variantou je laserová ablace, která umožňuje konkrétní zacílení a ablaci malé plochy. Jsou také publikovány metody zavádění malých pevných částí přímo do plazmatu na grafitové elektrodě [34].

2.4.2.2 Zavádění aerosolu do plazmatu

Zavádění aerosolu do plazmatu se děje přes mlžnou komoru, kde dochází k separaci aerosolu podle velikosti částic, tedy jak již bylo zmíněno u pneumatických zmlžovačů [34,37].



Obr.14. Mlžná komora [40]

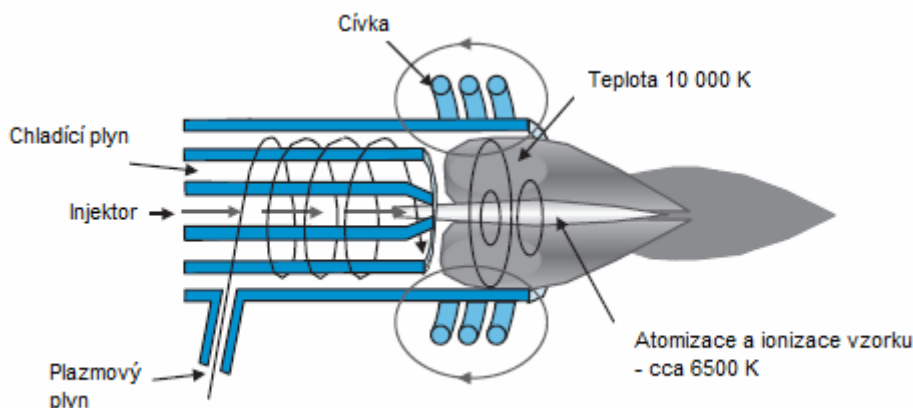
Velké částice přilnou k přepážce, střední částice se na povrchu tříští a menší částice jsou unášeny proudem plynu dál. Vliv má také směr zavádění plynu (tangenciální) a turbulence plynu. Odpařování rozpouštědla zde má naopak pozitivní vliv, protože dochází ke koncentraci aerosolu. Optimalizace procesu zavádění aerosolu do plazmového výboje je věcí empirie, především optimalizace průtoku nosného plynu a roztoku [34].

2.4.2.3 Indukčně vázané plazma

Indukčně vázané plazma vzniká v plazmové hlavici. Kolem plazmové hlavice je obtočena cívka (chlazená vodou), která pomocí radiofrekvenčního generátoru předává energii plazmatu indukční cestou, což se projeví vysokými teplotami – 7500 až 8000 K ve vzdálenosti 10 mm od indukční cívky. Takto ionizovaný plyn slouží k následné ionizaci zmlženého vzorku [34,35].

Hlavice (průměr 18 mm) je tvořena třemi trubicemi umístěnými v sobě, vnějším prostorem prochází plyn tvořící plazmový plamen, středním chladicí plyn a prostředním (injektorem) je

veden spolu s nosným plynem vzorek [36]. Toto uspořádání je znázorněno na **Obr.15**. Ionizovaným plynem je nejčastěji argon, může být také použita kombinace Ar/N₂, kde má dusík především chladicí funkci. Hlavice jsou uspořádány tak, aby bylo možno zavádět plyn vzorku přímo do středu hlavice, což sice snižuje teplotu plazmatu, avšak toto uspořádání je výhodné pro měření [34].



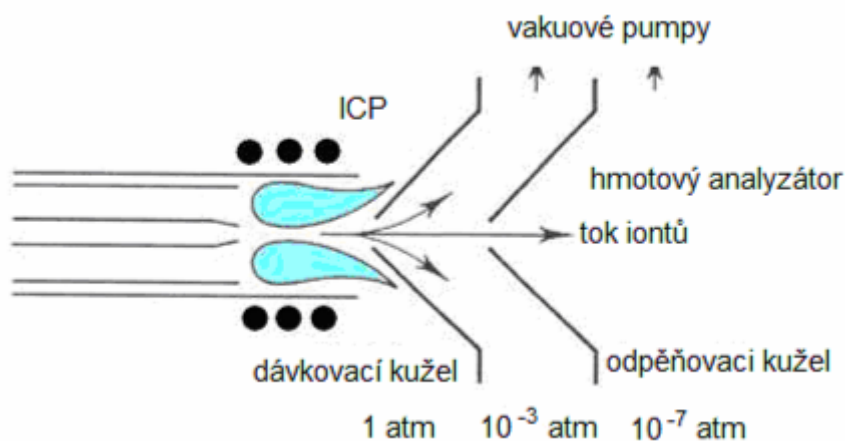
Obr.15. Uspořádání hlavice s indukčně vázaným plazmatem [37]

Poloha hlavice je taková, aby ionty vycházející z výboje vstupovaly přes interface přímo do hmotnostního separátoru [35].

2.4.2.4 Interface

Interface je prostor ve kterém probíhá extrakce iontů v ICP do hmotnostního separátoru. Tento přechod je nutný z důvodu rozdílných tlaků, protože ICP pracuje za atmosférického tlaku a analyzátor za nízkého tlaku – u kvadrupólu nejméně 10⁻³ Pa [35,38].

Prostor je tvořen dvěma konusy, otvor v prvním konusu (dávkovacím kuželu [41]) má průměr 1 mm a otvor v druhém konusu (odpěňovacím kuželu [41]) cca 0,75 mm. Na střed prvního konusu, tj. vzorkovacího, doléhá plazmový výboj, čímž je umožněn vstup především prostřednímu proudu plazmatu, kam je zaváděn i vzorek. Kvůli vysokým teplotám je konus rovněž chlazen vodou. Mezi prvním a druhým konusem je tlak snížen pomocí rotační vývěvy na cca 2,5 mbar. Tlak v prostoru za druhým konusem (prostor iontové techniky a analyzátoru) je udržován turbomolekulárními pumpami [35].



Obr.16. Interface [41]

Rozdíl tlaků má také tu výhodu, že urychluje tok iontů k analyzátoru. Pokud jsou často stanovovány zasolené roztoky je lépe volit platínové konusy než klasické niklové, přičemž celková salinita by neměla přesáhnout $2 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$, jinak dojde k úplnému ucpání otvorů v konusech [35].

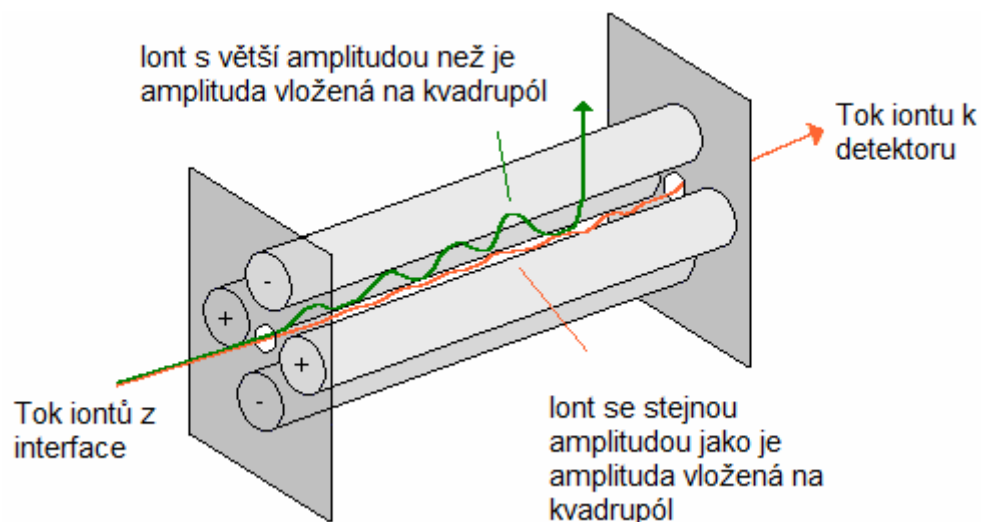
2.4.2.5 Iontová optika

Iontová optika slouží k zakoncentrování iontového toku, tak aby obešel pohlcovač fotonů, který chrání detektor [34,36]. Fotony, ionty s negativním nábojem a neutrální částice by mohly zvyšovat šum a pozadí signálu [35,36]. Optika je tvořena elektrostatickými čočkami [4].

2.4.2.6 Hmotnostní separátor – kvadrupól

Hmotnostní separátor plní primárně funkci výběru daného poměru m/z a sekundárně svou podstatou urychluje částice k detektoru [34].

Kvadrupólový analyzátor se skládá ze čtyř nejčastěji molybdenových tyčí umístěných tak, že tvoří vrcholy kosočtverce. Každé dvě protilehlé jsou vodivě spojeny. Na tyče je vkládáno oscilační napětí konstantní frekvence, takže ionty tangenciálně postupují k detektoru. Amplituda napětí je řízena počítačem tak, aby v dané chvíli prošly pouze ionty určitého poměru m/z . Protože lze tento parametr rychle měnit, během několika sekund je proměřeno celé hmotnostní spektrum [34,35,38].

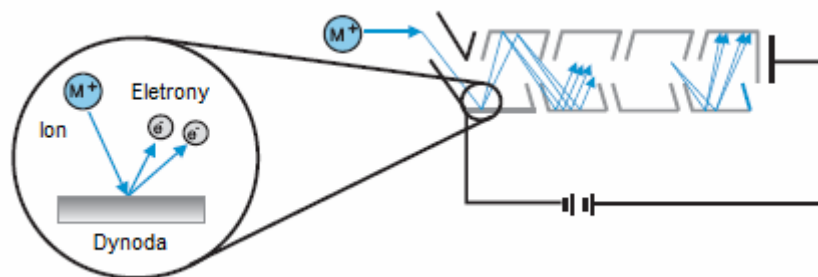


Obr.17. Schéma kvadrupólu [42]

Výhodou kvadrupolového analyzátoru je velká rychlost, nízké pořizovací náklady a malé nároky na vakuový systém. Nevýhodou je jeho neschopnost odlišit spektrální interference [35].

2.4.2.7 Detektor

K detekci iontů prošlých kvadrupólem se používají elektronové násobiče. Při dopadu jednoho iontu na násobič jsou vyraženy nejméně dva elektrony, který dále vyráží další, a takto kaskádovitě je násoben signál až do velikosti, kdy je měřitelný [36].



Obr.18. Schéma elektronásobiče [36]

Elektronové násobiče mají vyšší citlivost než ostatní detektory. Jejich nevýhodou je požadavek na vysoký stupeň vakua, malá životnost a nižší linearita pro vysoké intenzity [35].

Dalším detektorem může být faradayova cela, která není tak náročná na vakuum. Kombinací obou typů detektorů lze dosáhnout linearity přes více než 8 řádů koncentrací [35].

2.4.2.8 Registrace signálu a ovládání přístroje

Pomocí hodnot změřeného proudu z detektoru pro daný poměr m/z se přepočtem v software vyjádří koncentrace daného prvku, přesnost měření atd. Počítačová technika slouží k ovládání přístroje a případnou eliminaci spektrálních interferencí [34].

2.4.3 Spektrální a nespektrální interference

Původní předpoklady, že se v ICP neuplatňují nespektrální interference byly překonány praxí [34].

2.4.3.1 Spektrální interference

Jsou významnější než interference nespektrální. Týkají se těchto jevů:

- hmotnostní překryv izotopů různých prvků se stejnou hmotností: tuto interferenci lze korigovat matematickou funkcí a volbou vhodného izotopu [35]
- hmotnostní překryv stanovovaného prvku s molekulami, nebo polyatomy se stejnou efektivní hmotností m/z : vlivem vysokých teplot v plazmatu vznikají biatomické částice (viz **Tab.17.**), jejichž složkami jsou jak ionty vzorku, tak ionty rozpouštědel (kyselin) a především z vody, nebo ionizovaný argon [35]

Tab.17. Některé spektrální interference způsobené tvorbou polyatomů [35,43]

| Hmotnost | Analyzovaný prvek | Interferenty |
|----------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 23 | Na | $^{46}\text{Sc}^{2+}$, $^{45}\text{Ca}^{2+}$ |
| 51 | V | $^{16}\text{O}^{35}\text{Cl}$ |
| 52 | Cr | $^{12}\text{C}^{40}\text{Ar}$ |
| 53 | Cr | $^{16}\text{O}^{37}\text{Cl}$ |
| 56 | Fe | $^{40}\text{Ar}^{16}\text{O}$, $^{40}\text{Ca}^{16}\text{O}$ |
| 57 | Fe | $^{16}\text{O}^{40}\text{Ar}^1\text{H}$ |
| 58 | Ni | $^{42}\text{Ca}^{16}\text{O}$ |
| 60 | Ni | $^{16}\text{O}^{44}\text{Ca}$ |
| 63 | Cu | $^{47}\text{Ti}^{16}\text{O}$, $^{23}\text{Na}^{40}\text{Ar}$ |
| 64 | Zn | $^{46}\text{Ca}^{16}\text{O}$, $^{48}\text{Ti}^{16}\text{O}$ |
| 69 | Ga | $^{53}\text{Cr}^{16}\text{O}$, $^{137}\text{Ba}^{2+}$, $^{138}\text{Ba}^{2+}$, $^{138}\text{Ce}^{2+}$ |
| 74 | Ge | $^{147}\text{Sm}^{2+}$, $^{148}\text{Nd}^{2+}$, $^{148}\text{Sm}^{2+}$, $^{149}\text{Sm}^{2+}$ |
| 75 | As | $^{35}\text{Cl}^{40}\text{Ar}$, $^{149}\text{Sm}^{2+}$, $^{150}\text{Sm}^{2+}$, $^{150}\text{Ne}^{2+}$, $^{151}\text{Eu}^{2+}$ |

Tab.17. Některé spektrální interference způsobené tvorbou polyatomů – pokračování [35,43]

| Hmotnost | Analyzovaný prvek | Interferenty |
|----------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 77 | Se | $^{37}\text{Cl}^{40}\text{Ar}$ |
| 79 | Br | $^{157}\text{Gd}^{2+}$, $^{158}\text{Gd}^{2+}$ |
| 103 | Rh | $^{86}\text{Sr}^{16}\text{O}^{1}\text{H}$, $^{88}\text{Sr}^{16}\text{O}$ |
| 107 | Ag | $^{91}\text{Zr}^{16}\text{O}$ |
| 114 | Cd | $^{98}\text{Mo}^{16}\text{O}$ |
| 156 | Gd | $^{140}\text{Ce}^{16}\text{O}$ |
| 159 | Tb | $^{143}\text{Nd}^{16}\text{O}$ |
| 165 | Ho | $^{149}\text{Sm}^{16}\text{O}$ |
| 181 | Ta | $^{165}\text{Ho}^{16}\text{O}$ |
| 195 | Pt | $^{179}\text{Hf}^{16}\text{O}$ |
| 197 | Au | $^{181}\text{Ta}^{16}\text{O}$ |
| 202 | Hg | $^{186}\text{Wo}^{16}\text{O}$ |

Tyto interference jsou sice dobře popsány, avšak jejich korekce je z hlediska matematických výpočtů problematická. Vhodnou alternativou je vymražení vody, eliminace používání některých rozpouštědel (kys. chlorovodíková, kys. chloristá, kys. sírová a fosforečná), nebo použití jiných technik – precipitace, HPLC atd. [35].

2.4.3.2 Nespektrální interference

Nespektrální interference se týkají především vlivu pozadí, nastavení přístroje, čistoty práce a přístroje. Mezi tyto interference patří procesy během transportu a zmlžování, vliv koncentrace snadno ionizovaných prvků na ionizaci v plazmatu, přítomnost organické matrice, usazování solí na různých částech přístroje, čistota nosného plynu, kontaminace hlavice, zmlžovací systém (borosilikátová skla), nečistoty z tlakových nádob (emise mazadel), charakter rozpouštědla aj. [34,35].

Vhodnou korekcí v tomto případě je metoda vnitřních standardů – přidání známého množství, metody izotopického zředování a neparetické metody – spojení on-line kapalinového chromatografu (minimalizace kontaminace z laboratoře). Samozřejmostí je dodržování správné laboratorní praxe, udržování čistoty, pravidelné kontroly přístroje a používání chemikálií s chromatografickou čistotou [35].

2.5 Mineralizace

Pro anorganickou analýzu biologických vzorků je zapotřebí převést pevný vzorek do roztoku. Tyto rozkladné postupy se nazývají mineralizace. Nelze doporučit univerzální kroky pro všechny biologické vzorky, neboť toto závisí na charakteru vzorku, prvkovém zastoupení a druhu aplikovaného rozkladu [44].

Během procesu mineralizace se rozkládají organické a biologické materiály (ve kterých se stanovuje anorganický podíl) tak, aby se organické molekuly degradovaly až na výchozí prvky. Přičemž jde vzhledem k hmotnostní analýze o zachování kvantity prvkového zastoupení a ne nad atomárních struktur. Jinak řečeno, organické sloučeniny jsou během procesu mineralizace rozloženy nejčastěji na CO_2 , SO_2 a oxidy dusíku a jednotlivé prvky vyvázány z těchto organických struktur (sacharidy, bílkoviny a aminokyseliny, tuky a mastné kyseliny apod.) [38,44]. Toto vyvázání je nutné, jak např.: ukazuje studie Dietary Fiber and Some Elements in Nuts and Wheat Brans, neboť jak definuje **Tab.18.** více než 50 % kovů může být vázáno na vlákninu, která je příkladem polysacharidů [44,45].

Tab.18. Procento kovů z celkového množství kovů v ořeších vázaného na vlákninu [45]

| Název ořechu | Arašídy | Vlašské ořechy | Lískové ořechy | Mandle |
|--------------|---------|----------------|----------------|--------|
| Název prvku | | | | |
| Ca | 47.7 | 72.4 | 84.0 | 71.4 |
| Mg | 82.1 | 15.0 | 12.9 | 12.1 |
| Zn | 75.0 | 50.0 | 66.7 | 66.7 |
| Fe | 50.0 | 57.1 | 62.5 | 35.7 |
| Cu | 0.00 | 30.0 | 20.0 | 10.0 |

Mineralizace se dělí podle toho zda probíhá v roztoku nebo bez na mineralizaci na mokré cestě (v roztoku) a na suché cestě (spálení apod.). Záleží také na tom, zda probíhá za nízkých teplot nebo vysokých (týká se především suchých rozkladů), v otevřeném systému nebo uzavřeném, kde může být vysokotlaká nebo nízkotlaká, to vše za přispění tepelného ohřevu nebo mikrovlnného [44].

Tyto postupy mohou být také příčinou kontaminace vzorku. Proto je třeba dbát opatrné manipulace, pokud možno vyhnout se předmětům, které by se mohly vyluhovat, uvolňovat nebo odlamovat kousky kovů do vzorku (struhadla) a volit vhodné laboratorní pomůcky na spalovací procesy (kelímky, kleště). Používat chemikálie (rozpouštědla) pouze s čistotou pro stopovou analýzu a ultračistou vodu [46].

2.5.1 Mineralizace na suché cestě

Mineralizace na suché cestě patří mezi základní postupy používané již dlouho. Přes svou zdánlivou jednoduchost má podstatné nedostatky ve smyslu ztráty těkavých kovů (As, Cd, Hg, Pb, Se apod.) a některých netěkavých prvků (Cr, Fe apod.). Přestože se většina organických látek rozkládá při teplotách 300 - 700 °C, nemusí být rozklad ani při takto vysokých teplotách úplný [44].

Mineralizace probíhá ve čtyřech krocích [44]:

- sušení
- spalování
- zpopelňování
- louhování popela

Konkrétní postup zahrnuje spalování navážky vzorku v kelímku v peci za zvyšování teploty tak, aby došlo k úplnému rozkladu a žádné ztrátě kovů [44] (př. pro vyvázání prvků –

viz **Tab.18.** z vlákniny bylo podle výše uvedené studie použito 525 °C pro vzorky ořechů a 50 °C pro pšeničnou vlákninu [45]). Popel je poté rozpuštěn ve vhodném rozpouštědle, např. kyselině dusičné proměnlivé koncentrace. Tato metoda je sice jednoduchá a relativně levná, pro stopovou analýzu však nevhodná, neboť stupeň kontaminace z pomůcek je vysoký a dochází také k absorpci kovů ze vzorku na povrch spalovacích kelímků [44].

2.5.2 Mineralizace na mokré cestě

Mechanismus mineralizace na mokré cestě spočívá v oxidaci organického materiálu vhodnou kyselinou nebo jiným oxidačním činidlem, nejčastěji peroxidem vodíku. Jako kyseliny se nejčastěji používají kyselina dusičná, která se pak rozkládá na páry oxidů dusíku, což nepůsobí žádné problémy ani kontaminace, kyselina sírová (rozklad na oxidy síry), výjimečně kyselina fluorovodíková. Výhodou kyseliny dusičné je to, že je snadno dostupná ve vysoké čistotě a reaguje s látkami alifatického i aromatického charakteru [44,47]. Dalšími reagenty jsou často peroxid vodíku (který se rozloží na vodu a O₂) a v španělské studii dokonce i V₂O₅ [48,49]. Nejvhodnější směs těchto činidel je podle jiné studie HNO₃, H₂SO₄ a H₂O₂ [48]. V případě této práce byla použita směs kyseliny dusičné a peroxidu vodíku (protože samotná kyselina dusičná není pro rozklad dostačující), což je v kombinaci s mikrovlnným rozkladem rychlá metoda vhodná pro malé množství vzorku při nízkých teplotách [44].

Teplo, které napomáhá a urychluje oxidační reakce lze dodávat přímo (ohřátím nebo vedením) nebo vyvolat mikrovlnným ohřevem, který byl rovněž použit v této práci (mikrovlnný rozklad v uzavřeném systému za zvýšeného tlaku). Použití vyššího tlaku během mikrovlnného rozkladu (8 MPa oproti běžným cca 4 MPa) zajišťuje sice obsah zbytkového uhlíku 1% a nižší oproti běžným 3 % a víc, není však nutné jeho použití, protože se rozklad dokončí v plazmatu během vlastní analýzy, což snižuje finanční nároky [44].

Výhodou tohoto postupu je snížení kontaminací, nižší spotřeba rozkladných činidel a lepší hygiena práce [44].

Ve studii Dietary Fiber and Some Elements in Nuts and Wheat Brans je navíc doporučeno pro stanovení vápníku a hořčíku přidat do roztoku vzorku po mineralizaci 0,2% roztok lanthanu pro maskování fosfátových interferencí [45].

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 Vzorky

Vzorky ořechů byly zakoupeny v prodejně zdravé výživy: Brána ke zdraví na ulici Orlí 20 v Brně v období 2008/2009 vyjma vzorků zakoupených v Kanadě, protože v České Republice se nepodařilo tyto ořechy zakoupit.

Organoleptické vlastnosti ořechů definuje vyhláška 157/2003 Sb., která rovněž stanoví, že výrobky nesmí obsahovat škůdce [50].

Následující vzorky (viz **Tab.19.**) byly zakoupeny tzv. "na váhu" a jsou dodávány do obchodu jedním dodavatelem a to firmou Vega Provita s.r.o., Radniční 1242, Frýdek-Místek ve větším balení zpravidla v množství 5 kg.

Tab.19. Vzorky ořechů

| Název ořechu | Množství | Země původu |
|-----------------------------------|----------|-----------------|
| Arašídý neloupané | 2 kg | Čína |
| Kešu ořechy | 5 kg | Indie |
| Lískové ořechy | 5 kg | Turecko |
| Mandle natural vel. 23-25 | 5 kg | USA |
| Para ořechy jádra celá | 5 kg | Brazílie |
| Pekanové ořechy | 1 kg | USA |
| Piniové oříšky | 1 kg | Čína |
| Pistáciové oříšky natural loupané | 1 kg | Írán |
| Vlašská jádra | 5 kg | Moldávie |
| Dýňová semena | 5 kg | Česká republika |
| Slunečnicová semena | 5 kg | USA |

Většina bioořechů (viz **Tab.20.**) použitých jako vzorky jsou naopak dodávány do obchodu v jednotlivých baleních firmou Bio nebio s.r.o. se sídlem Na Lhotkách 103, 267 51 Bavoryně.

Tab.20. Bio ořechy zakoupené v České republice

| Název ořechu | Množství | Země původu |
|-------------------------------|----------|-----------------|
| Bio arašídý nepražené loupané | 200 g | Čína |
| Bio kešu ořechy nepražené | 100 g | Indie |
| Bio lískové oříšky Jumbo | 100 g | Turecko |
| Bio mandle Kalifornie | 100 g | USA |
| Bio para ořechy nepražené | 100 g | Bolívie |
| Bio vlašské ořechy celé půlky | 100 g | Ukrajina |
| Bio dýňové semínko | 200 g | Česká republika |
| Bio slunečnice loupaná | 200 g | Argentina |

Aby bylo možné porovnání bio a nebio ořechů, byly bio ořechy, které se nepodařilo na Českém trhu zakoupit dovezeny z Kanady (viz **Tab.21.**).

Tab.21. Bio ořechy zakoupené v Kanadě

| Název ořechu | Množství | Prodejna | Země původu |
|-------------------|------------------------|---------------------------------------|----------------|
| Organic Pine Nuts | 0,09 kg ("na váhu") | Planet organic market, Mississauga | - |
| Org Pecan half rw | 0,240 kg (celé balení) | Whole foods market, Toronto | USA |
| Org Pistacho rw | 0,240 kg (celé balení) | Whole foods market, Toronto | Írán |

3.2 Příprava vzorků

Vzorky byly rozkládány za působení mikrovlnného záření spolu s doporučenými oxidačními činidly. Jednotlivé vzorky ořechů byly nastrohány na umělohmotném struhadle (aby nedošlo ke kontaminaci v případě použití kovového struhadla) z důvodu lepšího rozkladu a usnadnění navážení. Byly prováděny tři simultánní rozklady pro každý vzorek, protože karusel obsahuje šest nádob, byly současně prováděno šest rozkladů, tedy pro dva vzorky tři rozklady.

Navážka činila podle doporučeného postupu (MLS software report = doporučené postupy k rozkladům vzorků) 0,5000 g [51]. Vzorky byly váženy na analytických váhách s rozptylem +/- 0,0010 g a chybou vážení 0,01 mg do teflonových nádob. Bylo přidáno 5 ml 65 % kyseliny dusičné a 1 ml 30 % peroxidu vodíku. Teflonové nádoby byly vsazeny do polypropylenových nádob, které mají ve víčku malý otvor, kterým mohou odcházet páry v případě přetlaku. Tento přetlak je definován velikostí tlaku použitého k uzavření těchto nádob.

Po uzavření do karuselu (který se v přístroji otáčí) a přístroje na mikrovlnný rozklad byl nastaven program č. 47: Sunflower seeds, který byl použit pro všechny typy vzorků. V následující **Tab.22.** jsou uvedeny časy a výkon přístroje během programu.

Tab.22. Program č. 47 pro rozklad vzorků [51]

| Krok | Čas (min) | Výkon (kW) |
|------|-----------|------------|
| 1 | 1:00 | 250 |
| 2 | 1:00 | 0 |
| 3 | 5:00 | 250 |
| 4 | 5:00 | 400 |
| 5 | 5:00 | 650 |

Přístroj byl umístěn do digestoře, aby případné páry především oxidů dusíku odcházely do sání. Po proběhnutí programu následovalo 5 min ventilace. Po vychladnutí plastových nádob byly roztoky přelity do 25ml odměrných baněk a doplněny na objem ultračistou vodou. Poté byly roztoky přelity do plastových nádob a označeny.

3.2.1 Použité pomůcky a přístroje

- analytické laboratorní digitální váhy AND HA-202M (A&D Company, Tokio, Japonsko)
- jednotka pro přípravu ultračisté vody PureLab Classic UV (Elga, Marlow, Velká Británie)
- mikrovlnná pec Milestone 1200 s karuselem na 6 vzorků (Milestone, Shelton, USA)

3.2.2 Použité chemikálie

- ultradeionizovaná voda (PureLab Water)
- HNO₃, p.a.+ (Analytika, Praha, ČR)
- H₂O₂, p.a. (Lach-Ner, Neratovice, ČR)
- standardy jednotlivých prvků

3.3 Instrumentální podmínky měření na ICP-MS

Před vlastním měřením byly vzorky 5x naředěny deionizovanou vodou (Milli-Q). Ke vzorkům byly on-line přimíchávány roztoky vnitřních standardů (Sc, Ge, In, Bi). Hodnota detekčního limitu (uvedená v **Tab.24.**) je po korekci na ředění.

Typ přístroje a parametry nastavení přístroje uvádí následující **Tab.23.**

Tab.23. Typ přístroje a parametry nastavení

| | | |
|------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|
| Přístroj | ICP MS Agilent 7500 Series (Agilent, USA) | |
| Průtok plynu (argon) | Plazmového | 15 l/min |
| | Pomocného | 0,9 l/min |
| | Nosného | 0,85 l/min |
| | Make up | 0,25 l/min |
| Příkon do ICP | 1500 W | |
| Hloubka vzorkování | 8 mm | |
| Zmlžovač | Typ | MicroMist (koncentrický) |
| | Pumpa | 0.1 rps |
| Mlžná komora | Typ | Scott (sklo) |
| | Teplota | 2 °C |
| Kolizní cela (oktapól) | Pracovní plyn | Helium |
| | Průtok | 5,5 ml/min |

Tab.24. Parametry měření

| Analyt | | Vnitřní standard | | Detekční limit | Koncentrace ekvivalentního pozadí | Jednotky |
|--------|-----|------------------|-----|----------------|-----------------------------------|----------|
| Prvek | Mr | Prvek | Mr | | | |
| Na | 23 | Sc | 45 | 0,02 | 0,057 | mg/l |
| Mg | 24 | Sc | 45 | 0,009 | 0,005 | mg/l |
| K | 39 | Sc | 45 | 0,03 | 0,049 | mg/l |
| Ca | 44 | Sc | 45 | 0,04 | 0,014 | mg/l |
| Mn | 55 | Sc | 45 | 0,05 | 0,010 | ug/l |
| Fe | 57 | Sc | 45 | 1,00 | 0,540 | ug/l |
| Cu | 63 | Ge | 72 | 0,09 | 0,109 | ug/l |
| Zn | 66 | Ge | 72 | 0,30 | 0,751 | ug/l |
| As | 75 | Ge | 72 | 0,02 | 0,011 | ug/l |
| Se | 82 | Ge | 72 | 2,00 | 0,392 | ug/l |
| Cd | 111 | In | 115 | 0,007 | 0,005 | ug/l |
| Sn | 119 | In | 115 | 0,09 | 0,039 | ug/l |
| Pb | 208 | Bi | 209 | 0,008 | 0,018 | ug/l |

V **Tab.25.** jsou uvedeny integrační časy signálu pro jednotlivé prvky. Signál byl integrován po dobu 0,05 – 0,3 s na třech molekulových hmotách v maximu píku a toto bylo opakováno 3x. Signál se u olova sčítá na izotopech 206, 207 a 208.

Tab.25. Integrace signálu

| Prvek | Mr | Integrační doba (s) | Počet opakování |
|--------------|-----------|--------------------------------|----------------------------|
| Na | 23 | 0,05 | 3 |
| Mg | 24 | 0,05 | 3 |
| K | 39 | 0,05 | 3 |
| Ca | 44 | 0,1 | 3 |
| Sc | 45 | 0,3 | 3 |
| Mn | 55 | 0,3 | 3 |
| Fe | 57 | 0,3 | 3 |
| Cu | 63 | 0,3 | 3 |
| Zn | 66 | 0,3 | 3 |
| Ge | 72 | 0,3 | 3 |
| As | 75 | 0,3 | 3 |
| Se | 82 | 0,3 | 3 |
| Cd | 111 | 0,3 | 3 |
| In | 115 | 0,3 | 3 |
| Sn | 119 | 0,3 | 3 |
| Pb | 208 | 0,3 | 3 |
| Bi | 209 | 0,3 | 3 |

4 VÝSLEDKY A DISKUZE

4.1 Porovnání obsahu stanovovaných prvků ve vzorcích ořechů a semen

V **Tab.26.** a **27.** jsou uvedeny naměřené obsahy esenciálních prvků pro vzorky které nebyly z bio produkce. V **Tab.26.** je obsah majoritních esenciálních prvků a v **Tab.27.** je obsah stopových esenciálních prvků, toto dělení je podle fyziologické funkce prvků (viz kap. 2.1.). V **Tab.26.** byl nejvíce zastoupeným prvkem (ze skupiny majoritních esenciálních prvků) draslík. Nejvyšším obsahem ze všech majoritních esenciálních prvků v nebio ořechách a semenech je hodnota obsahu draslíku v pistáciích.

Obsah esenciálních a toxických prvků ve všech vzorcích bio i nebio ořechů a semen byl vypočítán aritmetickým průměrem z naměřených hodnot a rovněž byly stanoveny směrodatné odchylky.

Tab.26. Obsah majoritních esenciálních prvků v nebio ořechách a semenech

| Ořechy a semena | Na | Mg | K | Ca |
|---------------------|----------------|-------------------------------|--------------|------------------|
| | mg/kg | g/kg | g/kg | mg/kg |
| Arašídny | 13,04 ± 1,39 | 2,17 ± 0,07 | 6,80 ± 0,03 | 696,24 ± 55,69 |
| Kešu | 40,49 ± 0,68 | 2,51 ± 7,6 · 10 ⁻⁴ | 6,63 ± 0,07 | 291,23 ± 36,99 |
| Lískové ořechy | 18,86 ± 7,65 | 1,56 ± 0,04 | 8,09 ± 0,21 | 1507,43 ± 59,97 |
| Mandle | 102,24 ± 88,88 | 3,16 ± 0,21 | 8,33 ± 0,35 | 3014,21 ± 479,12 |
| Para ořechy | 2,01 ± 0,25 | 2,50 ± 0,07 | 6,98 ± 0,22 | 140,25 ± 6,05 |
| Pekanové ořechy | 13,83 ± 0,35 | 1,18 ± 0,01 | 4,10 ± 0,16 | 597,04 ± 6,12 |
| Pinie | 26,84 ± 3,02 | 4,44 ± 0,37 | 7,50 ± 0,12 | 4434,71 ± 194,57 |
| Pistácie | 52,31 ± 19,42 | 1,43 ± 0,02 | 11,05 ± 0,38 | 1452,38 ± 52,66 |
| Vlašské ořechy | 2,27 ± 0,68 | 1,80 ± 6,9 · 10 ⁻³ | 5,12 ± 0,03 | 1006,74 ± 16,98 |
| Dýňová semena | 33,39 ± 0,67 | 4,73 ± 0,06 | 8,75 ± 0,09 | 534,70 ± 2,81 |
| Slunečnicová semena | 1,35 ± 0,83 | 3,99 ± 6,7 · 10 ⁻³ | 8,71 ± 0,09 | 1035,17 ± 46,63 |

Tab.27. udává hodnoty obsahu stopových prvků ve vzorcích nebio ořechů a semen. Nejvíce zastoupeným prvkem ze skupiny stopových esenciálních prvků byl zinek následovaný obsahem železa. Nejvyšší hodnotou je však překvapivě obsah manganu v para ořechách.

Tab.27. Obsah stopových esenciálních prvků v nebio ořechách a semenech

| Ořechy a semena | Mn | Fe | Cu | Zn | Se |
|-----------------|---------------|--------------|--------------|--------------|------------------|
| | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | μg/kg |
| Arašídny | 16,63 ± 0,36 | 11,39 ± 0,38 | 7,33 ± 0,05 | 31,90 ± 0,06 | 153,36 ± 33,16 |
| Kešu | 12,96 ± 0,17 | 84,31 ± 1,21 | 24,99 ± 0,99 | 72,81 ± 2,54 | 171,70 ± 4,92 |
| Lískové ořechy | 10,60 ± 0,50 | 40,79 ± 0,55 | 15,61 ± 3,23 | 23,24 ± 1,52 | <MD* |
| Mandle | 17,27 ± 3,94 | 35,47 ± 2,24 | 10,27 ± 1,44 | 41,24 ± 3,30 | <MD* |
| Para ořechy | 104,32 ± 1,54 | 63,92 ± 0,03 | 14,07 ± 0,50 | 77,42 ± 2,28 | <MD* |
| Pekanové ořechy | 20,59 ± 0,30 | 27,07 ± 0,73 | 10,86 ± 0,07 | 51,49 ± 1,24 | <MD* |
| Pinie | 18,10 ± 0,76 | 28,15 ± 4,24 | 20,43 ± 0,96 | 51,92 ± 0,15 | 2834,66 ± 1036,6 |
| Pistácie | 9,14 ± 0,68 | 29,66 ± 2,90 | 8,02 ± 0,91 | 26,05 ± 5,04 | <MD* |

Tab.27. Obsah stopových esenciálních prvků v nebio ořechách a semenech - pokračování

| Ořechy a semena | Mn | Fe | Cu | Zn | Se |
|---------------------|--------------|---------------|--------------|--------------|----------------|
| | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | µg/kg |
| Vlašské ořechy | 26,03 ± 1,47 | 26,80 ± 2,73 | 9,50 ± 0,81 | 36,10 ± 1,30 | <MD* |
| Dýňová semena | 38,02 ± 0,63 | 101,40 ± 0,24 | 14,12 ± 0,28 | 99,41 ± 3,02 | 296,61 ± 49,01 |
| Slunečnicová semena | 29,43 ± 0,99 | 59,69 ± 1,30 | 18,25 ± 0,58 | 64,44 ± 0,70 | 107,30 ± 10,40 |

* <MD = hodnoty nižší než mez detekce

V **Tab.28.** a **29.** jsou seřazeny obsahy esenciálních prvků v bio ořechách a semenech rovněž podle toho, zda se jedná o prvky majoritní nebo stopové. Hodnota obsahu sodíku pro vzorek pistácií nebyla měřena, protože se jedná o solené pistácie. Nejvíce zastoupeným prvkem, podobně jako u nebio ořechů a semen, je draslík, kde jeho nejvyšší obsah v bio pistáciích koresponduje s jeho obsahem v nebio pistáciích.

Tab.28. Obsah majoritních esenciálních prvků v bio ořechách a semenech

| Bio ořechy a semena | Na | Mg | K | Ca |
|---------------------|---------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|
| | mg/kg | g/kg | g/kg | mg/kg |
| Arašídý | 9,73 ± 1,45 | 2,39 ± 0,01 | 7,00 ± 0,07 | 683,13 ± 14,69 |
| Kešu | 76,66 ± 1,22 | 2,34 ± 7,8 · 10 ⁻⁴ | 6,31 ± 0,13 | 261,10 ± 5,71 |
| Lískové ořechy | 0,18 ± 0,18 | 1,48 ± 9,7 · 10 ⁻³ | 5,62 ± 0,16 | 1535,04 ± 89,60 |
| Mandle | 2,31 ± 0,22 | 2,90 ± 0,01 | 8,23 ± 0,14 | 3186,58 ± 75,18 |
| Para ořechy | 10,25 ± 9,16 | 2,51 ± 0,06 | 6,83 ± 0,14 | 169,44 ± 3,06 |
| Pekanové ořechy | 3,17 ± 1,45 | 1,43 ± 0,01 | 4,40 ± 0,09 | 648,86 ± 8,33 |
| Pinie | <MD* | 3,83 ± 0,04 | 5,76 ± 0,06 | 2554,24 ± 45,70 |
| Pistácie | NM** | 1,10 ± 2,3 · 10 ⁻³ | 10,03 ± 0,22 | 1081,65 ± 68,51 |
| Vlašské ořechy | <MD* | 1,70 ± 0,03 | 4,35 ± 0,05 | 992,15 ± 24,61 |
| Dýňová semena | 96,62 ± 21,88 | 4,92 ± 0,08 | 8,79 ± 3,4 · 10 ⁻³ | 688,60 ± 23,36 |
| Slunečnicová semena | 50,45 ± 7,30 | 2,85 ± 0,06 | 6,02 ± 0,09 | 1052,35 ± 10,27 |

* <MD = nižší než mez detekce

** NM = neměřeno

Obsahy stopových esenciálních prvků v bio ořechách a semenech jsou uvedeny v následující **Tab.29.** U bio ořechů a semen je výrazněji více zastoupen zinek, než u nebio ořechů a semen, který je zároveň nejčastěji se vyskytujícím stopovým prvkem v těchto vzorcích. Nejvyšší hodnota v celé tabulce je opět obsah manganu v para ořechách (stejně jako u nebio ořechů a semen).

Tab.29. Obsah stopových esenciálních prvků v bio ořechách a semenech

| Bio ořechy a semena | Mn | Fe | Cu | Zn | Se |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | µg/kg |
| Arašídý | 11,83 ± 0,01 | 17,07 ± 0,21 | 8,71 ± 0,15 | 41,25 ± 1,00 | 95,52 ± 4,24 |
| Kešu | 13,05 ± 0,31 | 57,02 ± 1,01 | 19,33 ± 0,73 | 70,54 ± 1,74 | 195,02 ± 7,84 |
| Lískové ořechy | 31,70 ± 2,83 | 34,10 ± 0,73 | 18,32 ± 0,67 | 27,09 ± 1,17 | <MD* |
| Mandle | 18,07 ± 0,29 | 27,23 ± 0,79 | 12,89 ± 0,19 | 35,48 ± 1,60 | <MD* |

Tab.29. Obsah stopových esenciálních prvků v bio ořechách a semenech - pokračování

| Bio ořechy a semena | Mn | Fe | Cu | Zn | Se |
|---------------------|---------------|---------------|--------------|----------------|------------------|
| | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | µg/kg |
| Para ořechy | 115,86 ± 4,47 | 58,45 ± 0,49 | 14,25 ± 0,27 | 84,94 ± 2,23 | <MD* |
| Pekanové ořechy | 15,84 ± 0,89 | 20,29 ± 0,51 | 15,01 ± 0,05 | 54,25 ± 2,55 | 96,11 ± 0,46 |
| Pinie | 20,33 ± 0,24 | 31,27 ± 0,04 | 15,03 ± 0,48 | 52,94 ± 3,79 | 2748,50 ± 243,00 |
| Pistácie | 20,33 ± 0,99 | 70,95 ± 16,93 | 20,61 ± 1,77 | 110,95 ± 15,15 | 612,88 ± 368,44 |
| Vlašské ořechy | 26,78 ± 0,73 | 19,13 ± 0,23 | 8,51 ± 0,17 | 39,96 ± 0,20 | <MD* |
| Dýňová semena | 38,48 ± 1,19 | 114,70 ± 1,49 | 11,32 ± 0,11 | 62,86 ± 4,01 | 222,77 ± 8,39 |
| Slunečnicová semena | 18,22 ± 0,05 | 57,21 ± 1,33 | 20,51 ± 0,22 | 73,21 ± 0,40 | 131,46 ± 11,09 |

* <MD = nižší než mez detekce

Obsah toxických prvků ve vzorcích nebí ořechů a semen je uveden v **Tab.30.**, nejvíce zastoupeným prvkem bylo olovo následované kadmíem. Nejvyšším obsahem ze všech prvků v nebí ořechách a semenech je obsah olova v pekanových ořechách.

Tab.30. Obsah toxických prvků v nebí ořechách a semenech

| Ořechy a semena | As | Cd | Pb |
|---------------------|---------------|---------------|----------------|
| | (µg/kg) | (µg/kg) | (µg/kg) |
| Arašidy | 3,19 ± 0,56 | 38,36 ± 2,02 | <MD* |
| Kešu | 22,91 ± 5,74 | 11,93 ± 0,41 | <MD* |
| Lískové ořechy | 24,90 ± 5,39 | 11,75 ± 4,46 | 37,18 ± 19,63 |
| Mandle | 14,61 ± 0,89 | 19,01 ± 7,46 | 32,34 ± 7,01 |
| Para ořechy | 30,68 ± 1,68 | 141,87 ± 5,26 | 42,97 ± 4,89 |
| Pekanové ořechy | 84,82 ± 3,93 | 43,96 ± 2,42 | 153,35 ± 96,13 |
| Pinie | 6,36 ± 3,57 | 5,26 ± 1,49 | 48,48 ± 13,17 |
| Pistácie | 99,84 ± 56,79 | 10,85 ± 2,16 | 43,13 ± 26,12 |
| Vlašské ořechy | 13,30 ± 0,16 | 3,68 ± 0,28 | 44,02 ± 23,30 |
| Dýňová semena | 8,41 ± 2,07 | 11,43 ± 1,35 | 4,18 ± 3,28 |
| Slunečnicová semena | 9,62 ± 2,24 | 151,52 ± 5,87 | <MD* |

* <MD = nižší než mez detekce

Tab.31. informuje o naměřených hodnotách obsahu toxických prvků v bio ořechách a semenech. Nejvíce zastoupenými prvky jsou opět kadmium, oproti nebí ořechům a semenům jsou však výrazně nižší hodnoty obsahu olova, až na výjimku obsahu v bio pistáciích, což je zároveň nejvyšší hodnota v celé tabulce. Výsledky obsahu olova v para ořechách byly vyloučeny, protože došlo pravděpodobně ke kontaminaci vzorků, stejně tak byl vyloučen jeden z výsledků obsahu olova v pekanových ořechách ze stejného důvodu (výsledek tedy není opatřen hodnotou směrodatné odchylky).

Tab.31. Obsah toxických prvků v bio ořechách a semenech

| Bio ořechy a semena | As | Cd | Pb |
|---------------------|---------------|----------------|----------------|
| | (µg/kg) | (µg/kg) | (µg/kg) |
| Arašídý | 18,22 ± 1,41 | 51,25 ± 2,56 | <MD* |
| Kešu | 3,01 ± 1,08 | 5,88 ± 1,12 | <MD* |
| Lískové ořechy | 6,82 ± 0,22 | 12,70 ± 3,11 | <MD* |
| Mandle | 31,24 ± 1,87 | 5,66 ± 0,13 | <MD* |
| Para ořechy | 15,16 ± 0,80 | 224,72 ± 38,71 | VV** |
| Pekanové ořechy | 6,21 ± 2,08 | 70,38 ± 2,34 | 25,71 |
| Pinie | 55,98 ± 50,43 | 3,10 ± 0,40 | <MD* |
| Pistácie | 12,10 ± 1,48 | 9,76 ± 0,31 | 256,40 ± 69,33 |
| Vlašské ořechy | 18,32 ± 3,74 | 3,09 ± 0,95 | <MD* |
| Dýňová semena | 44,60 ± 1,42 | 11,17 ± 1,20 | 31,57 ± 6,94 |
| Slunečnicová semena | 18,58 ± 1,02 | 70,87 ± 2,55 | 3,53 ± 0,04 |

* <MD = nižší než mez detekce

** VV = výsledek vyloučen pro odlehlost

Výsledky z výše uvedených tabulek (**Tab.26., 27., 28., 29., 30. a 31.**) byly rozděleny pro přehlednost podle obsahu jednotlivých stanovovaných prvků. Tyto hodnoty byly porovnány s ostatními studiemi, které se zabývaly stanovením obsahu vybraných prvků v ořechách a semenech, pokud byly výsledky v těchto studiích dostupné. Těmito hodnotami jsou data podle ministerstva zemědělství USA [16], Švédské studie – Levels of inorganic constituents in raw nuts and seeds on the Swedish market [47] a podle Španělské studie – Mineral content in legumes and nuts: contribution to the Spanish dietary intake [49] .

4.1.1 Sodík

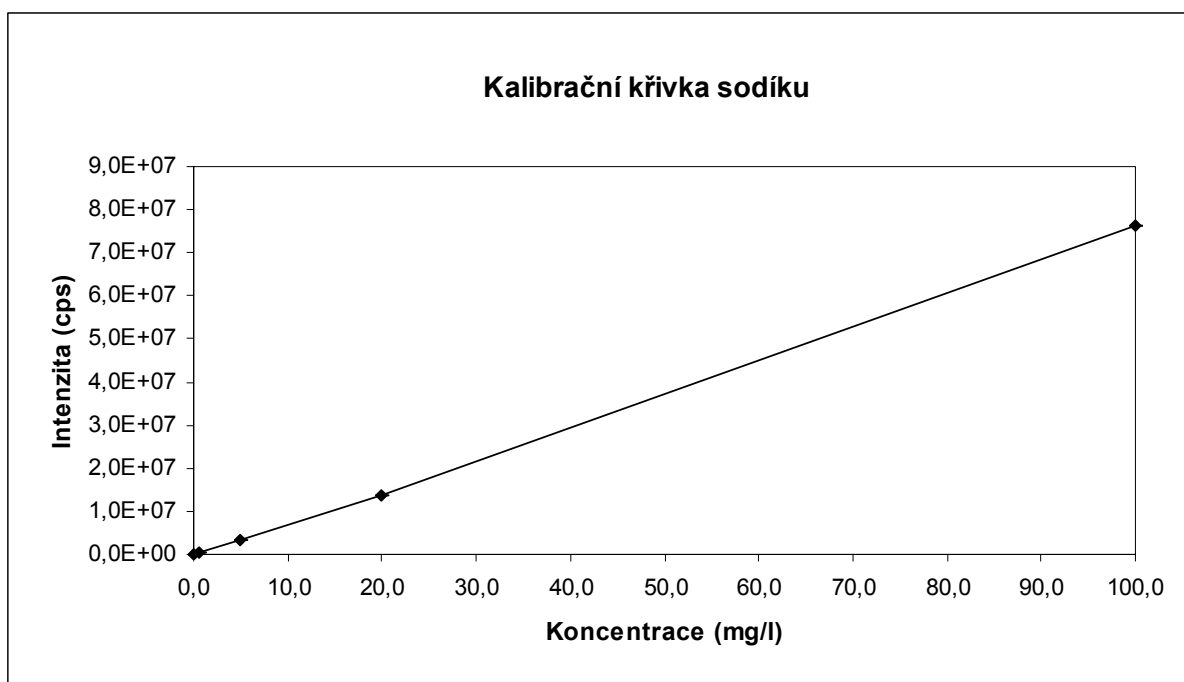
Kalibrační křivka pro sodík je uvedena v grafu 4., naměřené hodnoty ze kterých byla kalibrační křivka zkonstruována a příslušné relativní směrodatné odchylky jsou uvedeny v **Tab.32.** Relativní směrodatné odchylky byly velmi nízké, proto nebyly vynášeny do grafu jako chybové úsečky.

Hodnota intenzity (cps = count per second) vyjadřuje počet pulzů, který odpovídá počtu detekovaných elektronů za sekundu pro příslušný prvek.

Tab.32. Hodnoty pro kalibrační křivku sodíku

| Koncentrace (mg/l) | 0,0 | 0,5 | 5,0 | 20,0 | 100,0 |
|--------------------|---------|----------|-----------|------------|------------|
| Intenzita (cps) | 42636,4 | 370081,8 | 3346122,0 | 13612120,0 | 76223032,0 |
| RSD* | 1,7 | 0,7 | 0,4 | 1,1 | 1,6 |

* RSD = relativní směrodatná odchylka



Graf 4. Kalibrační křivka sodíku

Naměřené hodnoty pro jednotlivé vzorky ořechů a semen byly přepočítány na navážku, pro sodík činila mez detekce $0,39 \text{ mg/kg}$. Z naměřených hodnot byl vypočítán aritmetický průměr, a pokud jedna z hodnot byla pod mezí detekce, byla započítána jako nulová, potom je průměr některých hodnot zdánlivě pod touto mezí (bio lískové ořechy a bio vlašské ořechy), je však průměrem naměřené koncentrace a nulové koncentrace. Obsah sodíku u bio pistácií nebyl měřen, protože vzorek pistácií v bio kvalitě bylo možné zakoupit pouze jako solené pistácie. Obsah soli ve vzorku však pravděpodobně neovlivnil obsah jiných prvků, tedy především draslíku, protože jeho obsah v nebio pistáciích je podobný. Všechny hodnoty byly přepočítány na mg/kg a srovnány s dalšími studiemi je uvedeno v **Tab.33**.

Tab.33. Obsah sodíku v analyzovaných ořechách a semenech a porovnání s ostatními studiemi

| Ořechy a semena | Naměřený obsah (mg/kg) | MZ USA [16] (mg/kg) | Švédská studie [47] (mg/kg) | Bio ořechy a semena | Naměřený obsah (mg/kg) |
|---------------------|------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------|
| Arašídý | 13,04 | 120,00 | 12,00 | Arašídý | 9,73 |
| Kešu | 40,49 | 120,00 | 54,00 | Kešu | 76,66 |
| Lískové ořechy | 18,86 | 0,00 | 2,60 | Lískové ořechy | 0,18 |
| Mandle | 102,24 | 10,00 | 31,00 | Mandle | 2,31 |
| Para ořechy | 2,01 | 30,00 | 2,10 | Para ořechy | 10,25 |
| Pekanové ořechy | 13,83 | 0,00 | 1,60 | Pekanové ořechy | 3,17 |
| Pinie | 26,84 | 20,00 | 2,40 | Pinie | <MD* |
| Pistácie | 52,31 | 10,00 | 7,70 | Pistácie | NM** |
| Vlašské ořechy | 2,27 | 20,00 | 1,80 | Vlašské ořechy | <MD* |
| Dýňová semena | 33,39 | 180,00 | 57,00 | Dýňová semena | 96,62 |
| Slunečnicová semena | 1,35 | 90,00 | 6,20 | Slunečnicová semena | 50,45 |

* <MD = hodnota byla pod mezí detekce

** NM = neměřeno

Z **Tab.33.** je patrné, že obsah sodíku v analyzovaných vzorcích značně kolísá. Upřednostňován je nižší obsah, vzhledem k předpokladu, že DDD (doporučená denní dávka) sodíku je u většiny obyvatel překročena. Poměr nižšího obsahu sodíku nebio a bio ořechů a semen je 4:6. Nejvyšší naměřený obsah byl u nebio mandlí a nejnižší u bio pinií a bio vlašských ořechů. Podle ministerstva zemědělství USA a Švédské studie obsahovaly nejvíce sodíku dýňová semena a nejméně lískové a pekanové ořechy.

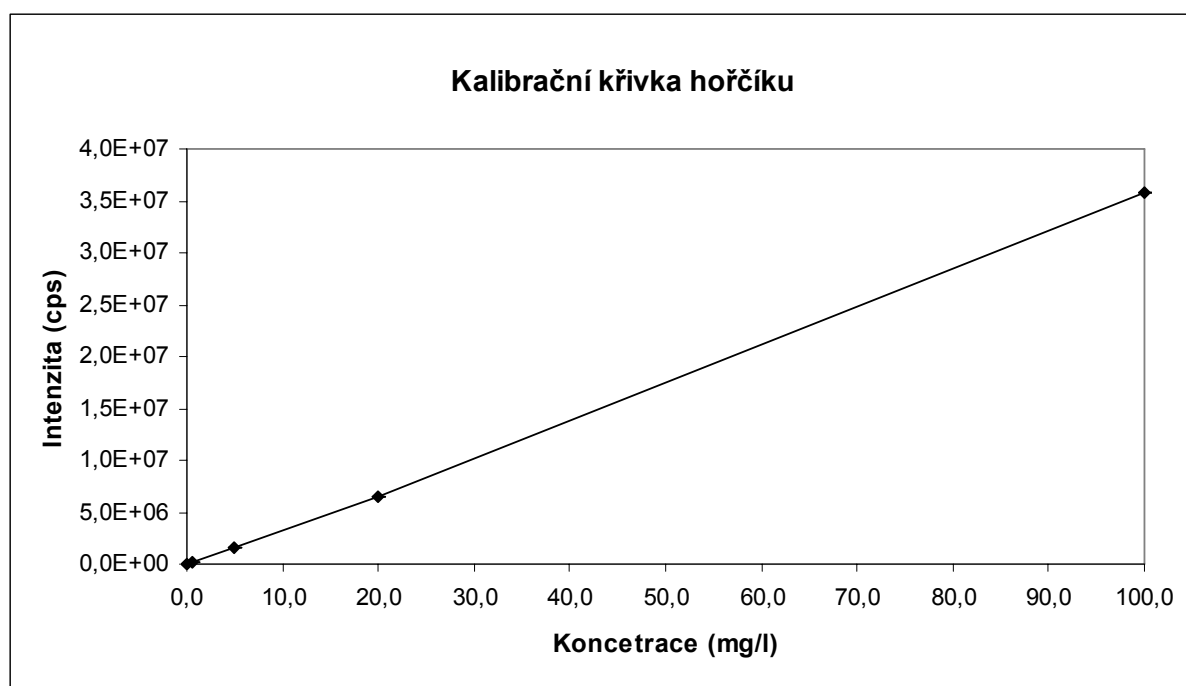
4.1.2 Hořčík

Kalibrační křivka pro hořčík je uvedena v grafu 5., naměřené hodnoty ze kterých byla kalibrační křivka zkonstruována a příslušné relativní směrodatné odchylky jsou uvedeny v **Tab.34.** Relativní směrodatné odchylky byly velmi nízké, proto nebyly vynášeny do grafu jako chybové úsečky.

Tab.34. Hodnoty pro kalibrační křivku hořčíku

| Koncentrace (mg/l) | 0,0 | 0,5 | 5,0 | 20,0 | 100,0 |
|--------------------|--------|----------|-----------|-----------|------------|
| Intenzita (cps) | 1849,2 | 161753,2 | 1626404,0 | 6513206,0 | 35762560,0 |
| RSD* | 11,9 | 0,2 | 0,2 | 1,2 | 2,0 |

* RSD = relativní směrodatná odchylka



Graf 5. Kalibrační křivka hořčíku

Všechny hodnoty pro jednotlivé analyzované vzorky byly opět přepočítány na koncentraci mg/kg. Hodnota koncentrace pro mez detekce je 0,24 mg/kg.

Tab.35. Obsah hořčíku v analyzovaných ořechách a semenech a porovnání s ostatními studiemi

| Ořechy a semena | Naměřený obsah (mg/kg) | MZ USA [16] (mg/kg) | Švédská studie [47] (mg/kg) | Bio ořechy a semena | Naměřený obsah (mg/kg) |
|-----------------|------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------|
| Arašídy | 2173,68 | 2250,00 | 2300,00 | Arašídy | 2386,19 |

Tab.35. Obsah hořčíku v analyzovaných ořechách a semenech a porovnání s ostatními studiemi - pokračování

| Ořechy a semena | Naměřený obsah (mg/kg) | MZ USA [16] (mg/kg) | Švédská studie [47] (mg/kg) | Bio ořechy a semena | Naměřený obsah (mg/kg) |
|---------------------|------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------|
| Kešu | 2513,51 | 2920,00 | 2800,00 | Kešu | 2343,40 |
| Lískové ořechy | 1561,84 | 1630,00 | 2000,00 | Lískové ořechy | 1482,83 |
| Mandle | 3163,60 | 2680,00 | 2900,00 | Mandle | 2898,68 |
| Para ořechy | 2501,27 | 3760,00 | 4800,00 | Para ořechy | 2511,48 |
| Pekanové ořechy | 1176,74 | 1210,00 | 1600,00 | Pekanové ořechy | 1429,40 |
| Pinie | 4437,50 | 2510,00 | 3200,00 | Pinie | 3830,21 |
| Pistácie | 1430,57 | 1210,00 | 1300,00 | Pistácie | 1097,66 |
| Vlašské ořechy | 1800,41 | 1580,00 | 2100,00 | Vlašské ořechy | 1697,50 |
| Dýňová semena | 4732,04 | 2620,00 | 5600,00 | Dýňová semena | 4921,60 |
| Slunečnicová semena | 3988,06 | 3250,00 | 4500,00 | Slunečnicová semena | 2845,44 |

Obsah hořčíku, jak plyne z **Tab.35.** je v porovnání s ostatními studiemi podobný. Nejvíce hořčíku obsahují bio dýňová semena a nejméně pistácie rovněž pocházející z ekologického zemědělství. S výjimkou slunečnicových semen, kde je obsah hořčíku u nebio semen o více než 1000 mg/kg vyšší než u bio, lze konstatovat že nejsou výrazné rozdíly mezi bio a nebio ořechy a semeny. Podle ministerstva zemědělství USA obsahují nejvíce hořčíku para ořechy a nejméně pekanové ořechy a pistácie. Švédská studie podporuje naměřené výsledky této práce – nejvyšší obsah hořčíku mají dýňová semena a nejnižší pistácie a pekanové ořechy.

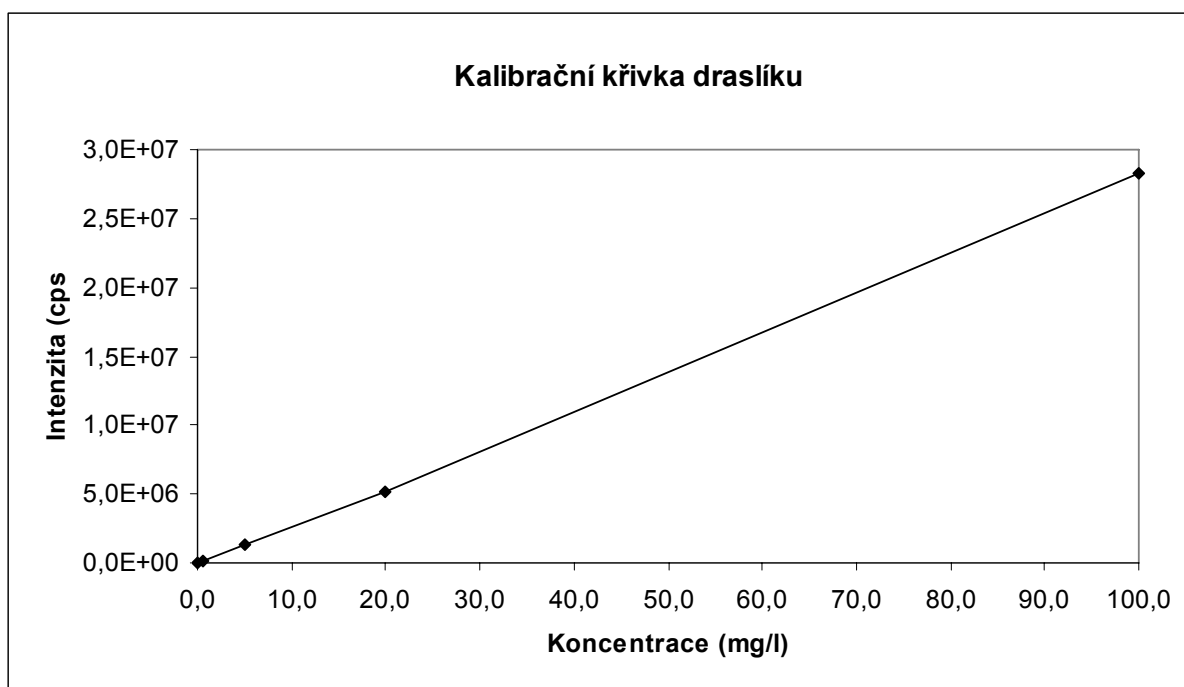
4.1.3 Draslík

Kalibrační křivka pro draslík je uvedena v grafu 6., naměřené hodnoty ze kterých byla kalibrační křivka zkonstruována a příslušné relativní směrodatné odchylky jsou uvedeny v **Tab.36.** Relativní směrodatné odchylky byly velmi nízké, proto nebyly vynášeny do grafu jako chybové úsečky.

Tab.36. Hodnoty pro kalibrační křivku draslíku

| Koncentrace (mg/l) | 0,0 | 0,5 | 5,0 | 20,0 | 100,0 |
|--------------------|---------|----------|-----------|-----------|------------|
| Intenzita (cps) | 13856,8 | 139621,4 | 1278998,0 | 5117496,0 | 28336900,0 |
| RSD* | 4,6 | 1,4 | 0,2 | 0,7 | 2,0 |

* RSD = relativní směrodatná odchylka



Graf 6. Kalibrační křivka draslíku

Všechny hodnoty pro jednotlivé analyzované vzorky byly opět přepočítány na koncentraci mg/kg. Hodnota koncentrace pro mez detekce je 0,87 mg/kg.

Tab.37. Obsah draslíku v analyzovaných ořechách a semenech a porovnání s ostatními studiemi

| Ořechy a semena | Naměřený obsah (mg/kg) | MZ USA [16] (mg/kg) | Švédská studie [47] (mg/kg) | Bio ořechy a semena | Naměřený obsah (mg/kg) |
|---------------------|------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------|
| Arašídý | 6803,91 | 5970,00 | 7800,00 | Arašídý | 6995,61 |
| Kešu | 6628,05 | 6600,00 | 6500,00 | Kešu | 6305,87 |
| Lískové ořechy | 8085,08 | 6800,00 | 9000,00 | Lískové ořechy | 5616,28 |
| Mandle | 8333,82 | 7050,00 | 9200,00 | Mandle | 8228,74 |
| Para ořechy | 6975,23 | 6590,00 | 5500,00 | Para ořechy | 6830,49 |
| Pekanové ořechy | 4099,83 | 4100,00 | 6000,00 | Pekanové ořechy | 4396,63 |
| Pinie | 7499,19 | 5970,00 | 7500,00 | Pinie | 5758,68 |
| Pistácie | 11054,24 | 10250,00 | 10300,00 | Pistácie | 10031,41 |
| Vlašské ořechy | 5122,97 | 4410,00 | 5100,00 | Vlašské ořechy | 4349,45 |
| Dýňová semena | 8751,98 | 9190,00 | 7100,00 | Dýňová semena | 8791,32 |
| Slunečnicová semena | 8705,22 | 6450,00 | 7500,00 | Slunečnicová semena | 6017,33 |

Naměřené výsledky obsahu draslíku (viz **Tab.37.**) se významně neliší od výsledků ostatních dvou studií. Nejvyšší naměřený obsah draslíku byl u nebio pistácií a nejnižší u nebio pekanových ořechů. S výjimkou pekanových ořechů, kde byl obsah draslíku obecně nízký, z **Tab.37.** plyne, že obsah draslíku je u nebio ořechů a semen podobný nebo vyšší než u bio ořechů a semen. Podle ministerstva zemědělství USA dominují svým obsahem draslíku pistácie, což rovněž potvrzuje Švédská studie.

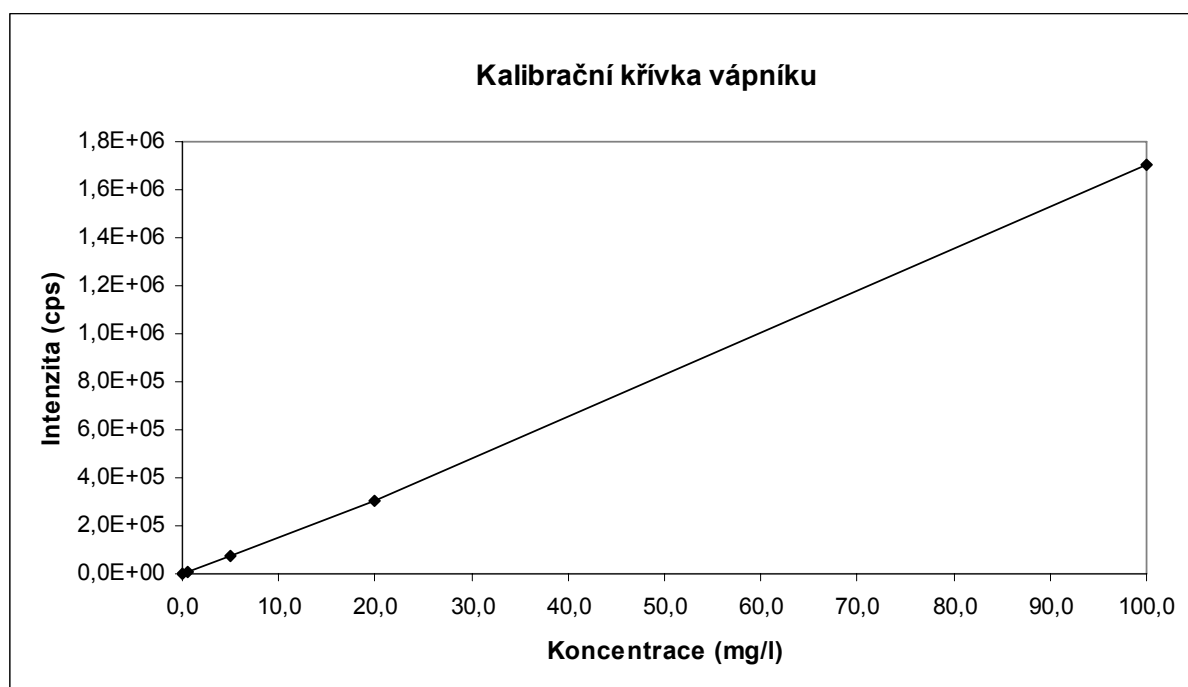
4.1.4 Vápník

Kalibrační křivka pro vápník je uvedena v grafu 7., naměřené hodnoty ze kterých byla kalibrační křivka zkonstruována a příslušné relativní směrodatné odchylky jsou uvedeny v **Tab.38.** Relativní směrodatné odchylky byly velmi nízké, proto nebyly vynášeny do grafu jako chybové úsečky.

Tab.38. Hodnoty pro kalibrační křivku vápníku

| | | | | | |
|---------------------------|-------|--------|---------|----------|-----------|
| Koncentrace (mg/l) | 0,0 | 0,5 | 5,0 | 20,0 | 100,0 |
| Intenzita (cps) | 240,0 | 7421,1 | 74381,4 | 302904,6 | 1701696,0 |
| RSD* | 18,2 | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 1,9 |

* RSD = relativní směrodatná odchylka



Graf 7. Kalibrační křivka vápníku

Všechny hodnoty pro jednotlivé analyzované vzorky byly přepočítány na koncentraci mg/kg. Hodnota pro mez detekce je 0,98 mg/kg.

Tab.39. Obsah vápníku v analyzovaných ořechách a semenech a porovnání s ostatními studiemi

| Ořechy a semena | Naměřený obsah (mg/kg) | MZ USA [16] (mg/kg) | Švédská studie [47] (mg/kg) | Bio ořechy a semena | Naměřený obsah (mg/kg) |
|-----------------|------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------|
| Arašídý | 696,24 | 700,00 | 520,00 | Arašídý | 683,13 |
| Kešu | 291,23 | 370,00 | 450,00 | Kešu | 261,10 |
| Lískové ořechy | 1507,43 | 1140,00 | 1400,00 | Lískové ořechy | 1535,04 |
| Mandle | 3014,21 | 2640,00 | 2500,00 | Mandle | 3186,58 |
| Para ořechy | 140,25 | 1600,00 | 2400,00 | Para ořechy | 169,44 |
| Pekanové ořechy | 597,04 | 700,00 | 2300,00 | Pekanové ořechy | 648,86 |
| Pinie | 4434,71 | 160,00 | 130,00 | Pinie | 2554,24 |
| Pistácie | 1452,38 | 1070,00 | 930,00 | Pistácie | 1081,65 |

Tab.39. Obsah vápníku v analyzovaných ořechách a semenech a porovnání s ostatními studiemi - pokračování

| Ořechy a semena | Naměřený obsah (mg/kg) | MZ USA [16] (mg/kg) | Švédská studie [47] (mg/kg) | Bio ořechy a semena | Naměřený obsah (mg/kg) |
|---------------------|------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------|
| Vlašské ořechy | 1006,74 | 980,00 | 1200,00 | Vlašské ořechy | 992,15 |
| Dýňová semena | 534,70 | 550,00 | 420,00 | Dýňová semena | 688,60 |
| Slunečnicová semena | 1035,17 | 780,00 | 920,00 | Slunečnicová semena | 1052,35 |

Obsah vápníku, jak je patrné z **Tab.39.** se u pinií a para ořechů významně liší od hodnot ostatních dvou studií. Nejvyšší obsah byl změřen u nebio pinií a nejnižší u nebio para ořechů. S výjimkou pinií a pistácií, kdy byly naměřeny vyšší hodnoty obsahu vápníku u nebio ořechů než u bio, je obsah u ostatních ořechů a semen podobný. Naopak podle ostatních dvou studií mají nejnižší obsah vápníku právě pinie, což je v rozporu s naměřenými daty a nejvyšší mandle, které mají podle naměřených hodnot této práce druhý nejvyšší obsah.

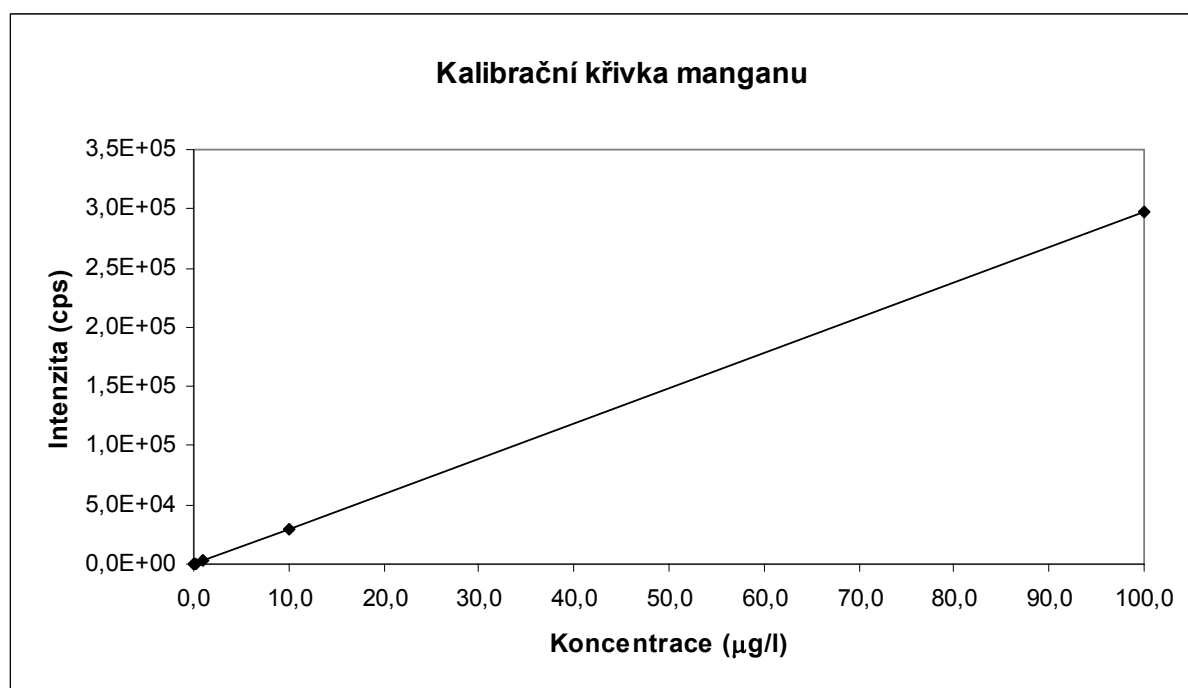
4.1.5 Mangan

Kalibrační křivka pro vápník je uvedena v grafu 8., naměřené hodnoty ze kterých byla kalibrační křivka zkonstruována a příslušné relativní směrodatné odchylky jsou uvedeny v **Tab.40.** Relativní směrodatné odchylky byly velmi nízké, proto nebyly vynášeny do grafu jako chybové úsečky.

Tab.40. Hodnoty pro kalibrační křivku manganu

| Koncentrace (µg/l) | 0,0 | 0,1 | 1,0 | 10,0 | 100,0 |
|--------------------|------|-------|--------|---------|----------|
| Intenzita (cps) | 33,3 | 320,4 | 3035,6 | 29557,4 | 297995,8 |
| RSD* | 36,1 | 6,7 | 1,3 | 0,8 | 0,4 |

* RSD = relativní směrodatná odchylka



Graf 8. Kalibrační křivka manganu

Všechny hodnoty pro jednotlivé analyzované vzorky byly přepočítány na koncentraci mg/kg. Hodnota pro mez detekce je 1,32 µg/kg.

Tab.41. Obsah manganu v analyzovaných ořechách a semenech a porovnání s ostatními studiemi

| Ořechy a semena | Naměřený obsah (mg/kg) | MZ USA [16] (mg/kg) | Švédská studie [47] (mg/kg) | Bio ořechy a semena | Naměřený obsah (mg/kg) |
|---------------------|------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------|
| Arašídy | 16,63 | 19,40 | 12,00 | Arašídy | 11,83 |
| Kešu | 12,96 | 16,60 | 29,00 | Kešu | 13,05 |
| Lískové ořechy | 10,60 | 61,80 | 58,00 | Lískové ořechy | 31,70 |
| Mandle | 17,27 | 22,90 | 14,00 | Mandle | 18,07 |
| Para ořechy | 104,32 | 12,20 | 13,00 | Para ořechy | 115,86 |
| Pekanové ořechy | 20,59 | 45,00 | 35,00 | Pekanové ořechy | 15,84 |
| Pinie | 18,10 | 88,00 | 93,00 | Pinie | 20,33 |
| Pistácie | 9,14 | 12,00 | 11,00 | Pistácie | 13,40 |
| Vlašské ořechy | 26,03 | 34,20 | 34,00 | Vlašské ořechy | 26,78 |
| Dýňová semena | 38,02 | 5,00 | 50,00 | Dýňová semena | 38,48 |
| Slunečnicová semena | 29,43 | 19,50 | 19,00 | Slunečnicová semena | 18,22 |

Z **Tab.41.** vyplývá, že naměřené hodnoty kolísají kolem hodnot koncentrace jiných studií, někdy nevýrazně, někdy výrazněji (lískové ořechy a pinie) a někdy velmi výrazně (para ořechy). Nejvyšší obsah manganu podle naměřených dat mají bio para ořechy, což odráží jejich vysokou koncentraci i u nebio para ořechů a nejmenší pistácie, což potvrzují i ostatní dvě studie. Kromě arašídů, pekanových ořechů a slunečnicových semen, mají vyšší obsah manganu bio ořechy a semena, i když je rozdíl někdy nevýznamný (kešu, mandle, vlašské ořechy a dýňová semena). Obsah manganu podle ministerstva zemědělství USA a Švédské studie se výrazně neshoduje pouze u dýňových semenech, avšak shoduje se na vysokém obsahu manganu v piniích a nízkém v pistáciích a para ořechách, což je v rozporu s naměřenými daty.

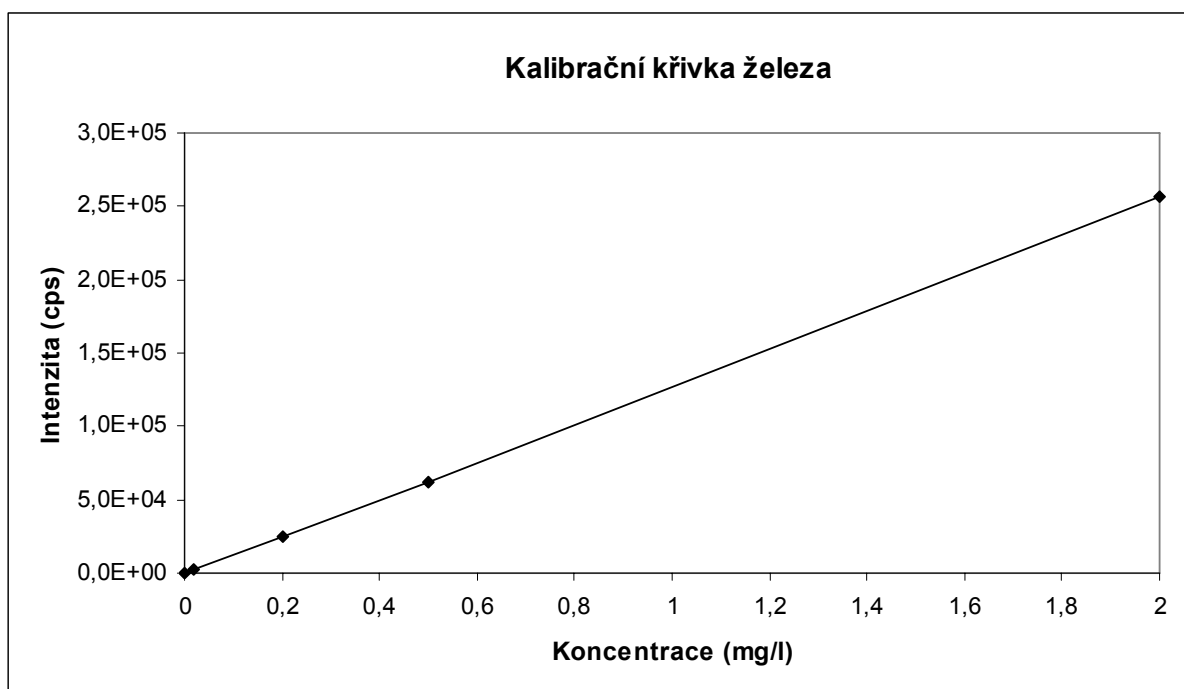
4.1.6 Železo

Kalibrační křivka pro železo je uvedena v grafu 9., naměřené hodnoty ze kterých byla kalibrační křivka zkonstruována a příslušné relativní směrodatné odchylky jsou uvedeny v **Tab.42.** Relativní směrodatné odchylky byly velmi nízké, proto nebyly vynášeny do grafu jako chybové úsečky.

Tab.42. Hodnoty pro kalibrační křivku železa

| Koncentrace (mg/l) | 0,0 | 0,02 | 0,2 | 0,5 | 2,0 |
|--------------------|------|--------|---------|---------|----------|
| Intenzita (cps) | 68,9 | 2601,4 | 24967,3 | 62580,4 | 256359,4 |
| RSD* | 13,8 | 1,5 | 0,8 | 0,2 | 1,5 |

* RSD = relativní směrodatná odchylka



Graf 9. Kalibrační křivka železa

Všechny hodnoty pro jednotlivé analyzované vzorky byly přepočítány na koncentraci mg/kg. Hodnota pro mez detekce je 28,01 $\mu\text{g/kg}$.

Tab.43. Obsah železa v analyzovaných ořechách a semenech a porovnání s ostatními studiemi

| Ořechy a semena | Naměřený obsah (mg/kg) | MZ USA [16] (mg/kg) | Španělská studie [49] (mg/kg) | Švédská studie [47] (mg/kg) | Bio ořechy a semena | Naměřený obsah (mg/kg) |
|---------------------|------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------|
| Arašídý | 11,39 | 37,00 | 22,80 | 20,00 | Arašídý | 17,07 |
| Kešu | 84,31 | 66,80 | 14,20 | 66,00 | Kešu | 57,02 |
| Lískové ořechy | 40,79 | 47,00 | 17,30 | 42,00 | Lískové ořechy | 34,10 |
| Mandle | 35,47 | 37,20 | 45,00 | 38,00 | Mandle | 27,23 |
| Para ořechy | 63,92 | 24,30 | - | 37,00 | Para ořechy | 58,45 |
| Pekanové ořechy | 27,07 | 25,30 | - | 24,00 | Pekanové ořechy | 20,29 |
| Pinie | 28,15 | 55,30 | 22,30 | 72,00 | Pinie | 31,27 |
| Pistácie | 29,66 | 41,50 | 73,50 | 36,00 | Pistácie | 70,95 |
| Vlašské ořechy | 26,80 | 29,10 | 22,50 | 41,00 | Vlašské ořechy | 19,13 |
| Dýňová semena | 101,40 | 31,30 | | 85,00 | Dýňová semena | 114,70 |
| Slunečnicová semena | 59,69 | 52,50 | 40,90 | 36,00 | Slunečnicová semena | 57,21 |

Celkově lze z **Tab.43.** vyvodit, že naměřený obsah železa je podobný nebo vyšší než hodnoty některé s uvedených studií, pouze u arašídů výrazně nižší. Zástupci nejvyššího naměřeného obsahu železa jsou dýňová semena a nejnižšího arašídů. Kešu, které mají druhý největší obsah podle naměřených dat, obsahují podle ministerstva zemědělství USA nejvíce železa a podle téhož zdroje nejméně železa obsahují para ořechy. Švédská studie

podporuje naměřená data a ve Španělské studii naměřili nejvyšší obsah železa v pistáciích a nejmenší v kešu.

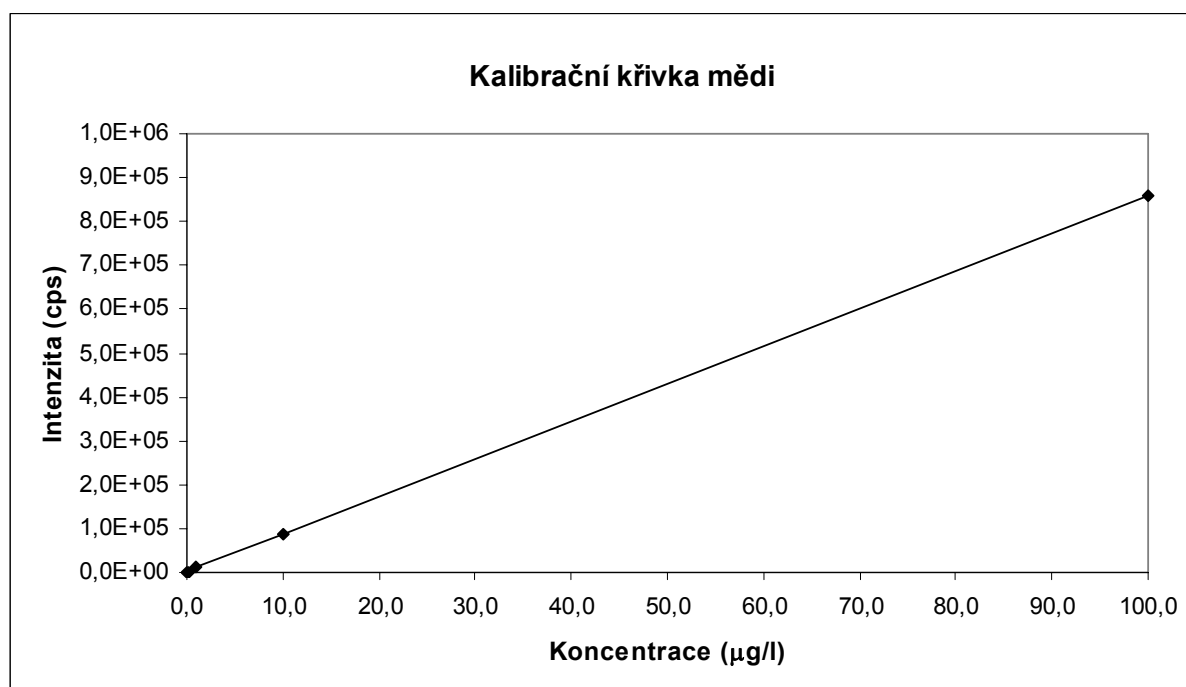
4.1.7 Měď

Kalibrační křivka pro měď je uvedena v grafu 10., naměřené hodnoty ze kterých byla kalibrační křivka zkonstruována a příslušné relativní směrodatné odchylky jsou uvedeny v **Tab.44**. Relativní směrodatné odchylky byly velmi nízké, proto nebyly vynášeny do grafu jako chybové úsečky.

Tab.44. Hodnoty pro kalibrační křivku mědi

| | | | | | |
|---------------------------|--------|--------|---------|---------|----------|
| Koncentrace (µg/l) | 0,0 | 0,1 | 1,0 | 10,0 | 100,0 |
| Intenzita (cps) | 1043,8 | 1927,2 | 10388,5 | 86589,9 | 860625,3 |
| RSD* | 6,1 | 2,8 | 0,8 | 0,5 | 0,6 |

* RSD = relativní směrodatná odchylka



Graf 10. Kalibrační křivka mědi

Všechny hodnoty pro jednotlivé analyzované vzorky byly přepočítány na koncentraci mg/kg. Hodnota pro mez detekce je 2,29 µg/kg.

Tab.45. Obsah mědi v analyzovaných ořechách a semenech a porovnání s ostatními studiemi

| Ořechy a semena | Naměřený obsah (mg/kg) | MZ USA [16] (mg/kg) | Španělská studie [49] (mg/kg) | Švédská studie [47] (mg/kg) | Bio ořechy a semena | Naměřený obsah (mg/kg) |
|-----------------|------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------|
| Arašídý | 7,33 | 12,80 | 6,90 | 8,50 | Arašídý | 8,71 |
| Kešu | 24,99 | 21,90 | 7,80 | 20,00 | Kešu | 19,33 |
| Lískové ořechy | 15,61 | 17,30 | 16,60 | 18,00 | Lískové ořechy | 18,32 |
| Mandle | 10,27 | 9,90 | 11,10 | 11,00 | Mandle | 12,89 |
| Para ořechy | 14,07 | 17,40 | - | 22,00 | Para ořechy | 14,25 |

Tab.45. Obsah mědi v analyzovaných ořechách a semenech a porovnání s ostatními studiemi - pokračování

| Ořechy a semena | Naměřený obsah (mg/kg) | MZ USA [16] (mg/kg) | Španělská studie [49] (mg/kg) | Švédská studie [47] (mg/kg) | Bio ořechy a semena | Naměřený obsah (mg/kg) |
|---------------------|------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------|
| Pekanové ořechy | 10,86 | 12,00 | - | 10,00 | Pekanové ořechy | 15,01 |
| Pinie | 20,43 | 13,30 | 20,40 | 16,00 | Pinie | 15,03 |
| Pistácie | 8,02 | 13,00 | 9,20 | 11,00 | Pistácie | 20,61 |
| Vlašské ořechy | 9,50 | 15,90 | 22,00 | 16,00 | Vlašské ořechy | 8,51 |
| Dýňová semena | 14,12 | 6,90 | - | 13,00 | Dýňová semena | 11,32 |
| Slunečnicová semena | 18,25 | 18,00 | 13,60 | 16,00 | Slunečnicová semena | 20,51 |

Naměřený obsah (viz **Tab.45.**) odpovídá hodnotám ostatních studií, jen u vlašských ořechů je mírně nižší. Lze konstatovat, že je obsah mědi ve všech ořechách a semenech podobný. Více mědi mají bio ořechy, pokud je tomu naopak rozdíl nepřesahuje 5,7 mg/kg. Nejvíce mědi bylo naměřeno v nebio kešu a nejméně v nebio arašídech. Podle ministerstva zemědělství USA nejvíce mědi obsahují rovněž kešu a nejméně dýňová semena. Švédská studie dává přednost nevýrazným rozdílem para ořechům, následovaným opět kešu. Španělská studie naopak vyzdvihuje vlašské ořechy, kde byl naměřený obsah malý.

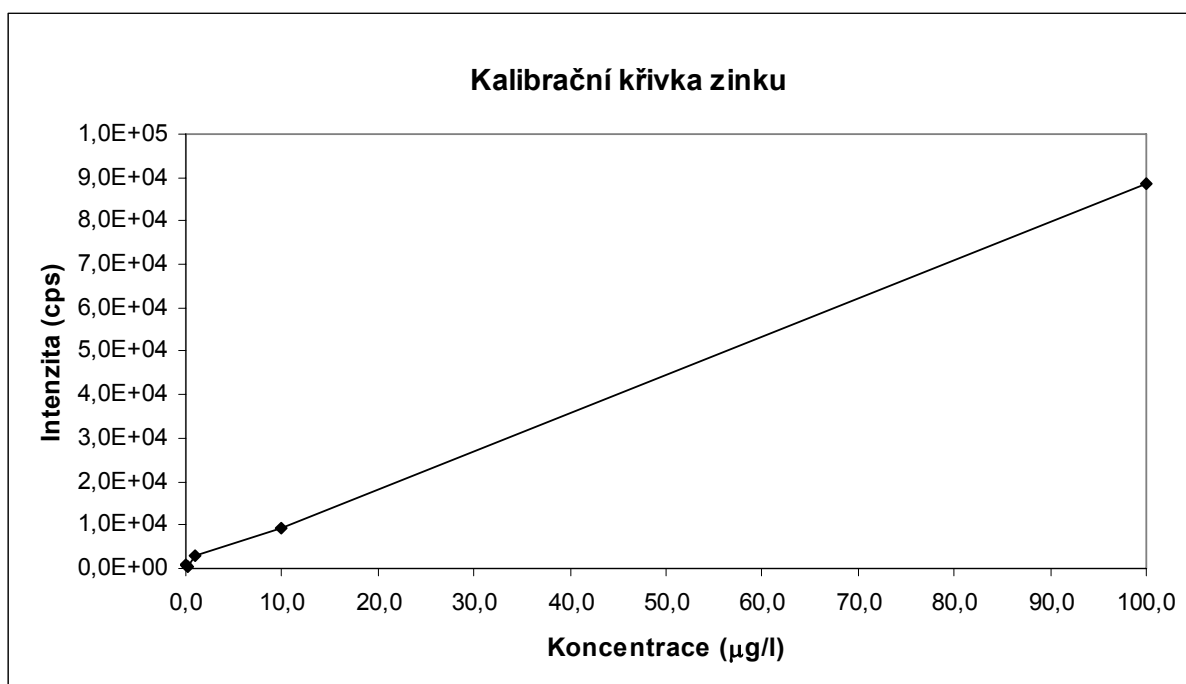
4.1.8 Zinek

Kalibrační křivka pro zinek je uvedena v grafu 11., naměřené hodnoty ze kterých byla kalibrační křivka zkonstruována a příslušné relativní směrodatné odchylky jsou uvedeny v **Tab.46.** Relativní směrodatné odchylky byly velmi nízké, proto nebyly vynášeny do grafu jako chybové úsečky.

Tab.46. Hodnoty pro kalibrační křivku zinku

| Koncentrace (µg/l) | 0,0 | 0,1 | 1,0 | 10,0 | 100,0 |
|--------------------|-------|-------|--------|--------|---------|
| Intenzita (cps) | 738,9 | 488,5 | 2904,0 | 9453,7 | 88620,6 |
| RSD* | 3,5 | 2,5 | 3,4 | 2,3 | 0,4 |

* RSD = relativní směrodatná odchylka



Graf 11. Kalibrační křivka zinku

Všechny hodnoty pro jednotlivé analyzované vzorky byly přepočítány na koncentraci mg/kg. Hodnota pro mez detekce je 8,65 µg/kg.

Tab.47. Obsah zinku v analyzovaných ořechách a semenech a porovnání s ostatními studiemi

| Ořechy a semena | Naměřený obsah (mg/kg) | MZ USA [16] (mg/kg) | Španělská studie [49] (mg/kg) | Švédská studie [47] (mg/kg) | Bio ořechy a semena | Naměřený obsah (mg/kg) |
|---------------------|------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------|
| Arašídy | 31,90 | 38,00 | 31,90 | 26,00 | Arašídy | 41,25 |
| Kešu | 72,81 | 57,80 | 40,00 | 49,00 | Kešu | 70,54 |
| Lískové ořechy | 23,24 | 24,50 | 42,50 | 28,00 | Lískové ořechy | 27,09 |
| Mandle | 41,24 | 30,80 | 38,80 | 42,00 | Mandle | 35,48 |
| Para ořechy | 77,42 | 40,60 | - | 53,00 | Para ořechy | 84,94 |
| Pekanové ořechy | 51,49 | 45,30 | - | 75,00 | Pekanové ořechy | 54,25 |
| Pinie | 51,92 | 64,50 | 50,20 | 74,00 | Pinie | 52,94 |
| Pistácie | 26,05 | 22,00 | 33,40 | 21,00 | Pistácie | 110,95 |
| Vlašské ořechy | 36,10 | 30,90 | 28,50 | 33,00 | Vlašské ořechy | 39,96 |
| Dýňová semena | 99,41 | 103,00 | - | 78,00 | Dýňová semena | 62,86 |
| Slunečnicová semena | 64,44 | 50,00 | 58,80 | 52,00 | Slunečnicová semena | 73,21 |

Hodnoty koncentrace zinku naměřené pro účely této práce odráží jeho obsah i v ostatních studiích, jak je zjevné z **Tab.47.**, nebo je mírně vyšší (kešu a para ořechy), výrazný je obsah zinku v bio pistáciích, kde byla naměřená hodnota současně nejvyšší. Nejnižší obsah byl naměřen v lískových ořechách. Ministerstvo zemědělství USA udává nejvyšší obsah v dýňových semenech, kde byl druhý nejvyšší naměřený obsah zinku. Nejnižší obsah přisuzuje pistáciím a lískovým ořechům (stejně jako v případě této práce). Podle Švédské

studie nejméně zinku obsahují pistácie a arašídý, nevíce dýňová semena (stejně jako MZ USA). Ve Španělské studii nebyl měřen obsah v dýňových semenech a ostatní hodnoty jsou podobné druhým dvěma studiím.

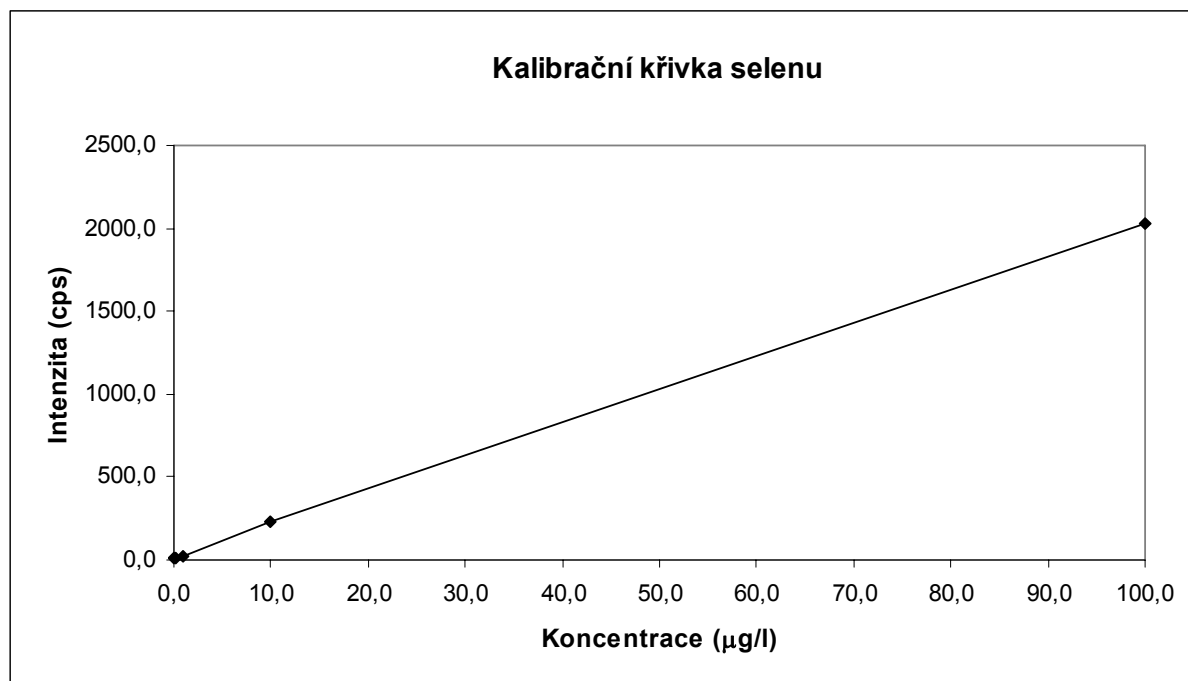
4.1.9 Selen

Kalibrační křivka pro selen je uvedena v grafu 12., naměřené hodnoty ze kterých byla kalibrační křivka zkonstruována a příslušné relativní směrodatné odchylky jsou uvedeny v **Tab.48**. Relativní směrodatné odchylky byly u nižších koncentrací sice vysoké, přesto by však v grafu nebyly znatelné, proto nebyly vynášeny do grafu jako chybové úsečky.

Tab.48. Hodnoty pro kalibrační křivku selenu

| | | | | | |
|---------------------------|------|------|------|-------|--------|
| Koncentrace (µg/l) | 0,0 | 0,1 | 1,0 | 10,0 | 100,0 |
| Intenzita (cps) | 8,9 | 12,2 | 27,4 | 224,8 | 2033,5 |
| RSD* | 25,0 | 50,6 | 24,4 | 8,3 | 1,1 |

* RSD = relativní směrodatná odchylka



Graf 12. Kalibrační křivka selenu

Všechny hodnoty pro jednotlivé analyzované vzorky byly přepočítány na koncentraci µg/kg. Hodnota pro mez detekce je 40,70 µg/kg.

Tab.49. Obsah selenu v analyzovaných ořechách a semenech a porovnání s ostatními studiemi

| Ořechy a semena | Naměřený obsah (µg/kg) | MZ USA [16] (µg/kg) | Švédská studie [47] (µg/kg) | Bio ořechy a semena | Naměřený obsah (µg/kg) |
|-----------------|------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------|
| Arašídý | 153,36 | - | 160,00 | Arašídý | 95,52 |
| Kešu | 171,70 | 199,00 | 76,00 | Kešu | 195,02 |
| Lískové ořechy | <MD* | 24,00 | 14,00 | Lískové ořechy | <MD* |
| Mandle | <MD* | 25,00 | 14,00 | Mandle | <MD* |
| Para ořechy | <MD* | - | 1200,00 | Para ořechy | <MD* |

Tab.49. Obsah selenu v analyzovaných ořechách a semenech a porovnání s ostatními studiemi - pokračování

| Ořechy a semena | Naměřený obsah (µg/kg) | MZ USA [16] (µg/kg) | Švédská studie [47] (µg/kg) | Bio ořechy a semena | Naměřený obsah (µg/kg) |
|---------------------|------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------|
| Pekanové ořechy | <MD* | 38,00 | 19,00 | Pekanové ořechy | 96,11 |
| Pinie | 2834,66 | 7,00 | 12,00 | Pinie | 2748,50 |
| Pistácie | <MD* | 70,00 | 83,00 | Pistácie | 612,88 |
| Vlašské ořechy | <MD* | 49,00 | 12,00 | Vlašské ořechy | <MD* |
| Dýňová semena | 296,61 | - | 67,00 | Dýňová semena | 222,77 |
| Slunečnicová semena | 107,30 | 530,00 | 260,00 | Slunečnicová semena | 131,46 |

* <MD = hodnota je pod mezí detekce

Tab.49. podává informace o tom, že naměřené hodnoty selenu výrazně kolísají jak ve vztahu jedna k druhé, tak ve vztahu k hodnotám ostatních studií. Výrazně nejvyšší hodnoty byly naměřeny v piniích, které naopak ostatní dvě studie považují za velmi chudé na tento prvek. Hodnoty pod mezí detekce byly u několika ořechů. Podle ministerstva zemědělství USA po již zmiňovaných piniích mají nejnižší obsah selenu lískové ořechy a mandle, nejvyšší slunečnicová semena. Ve Švédské studii byl naopak naměřen výrazně vyšší obsah u para ořechů a nižší hodnoty byly naměřeny u více druhů ořechů.

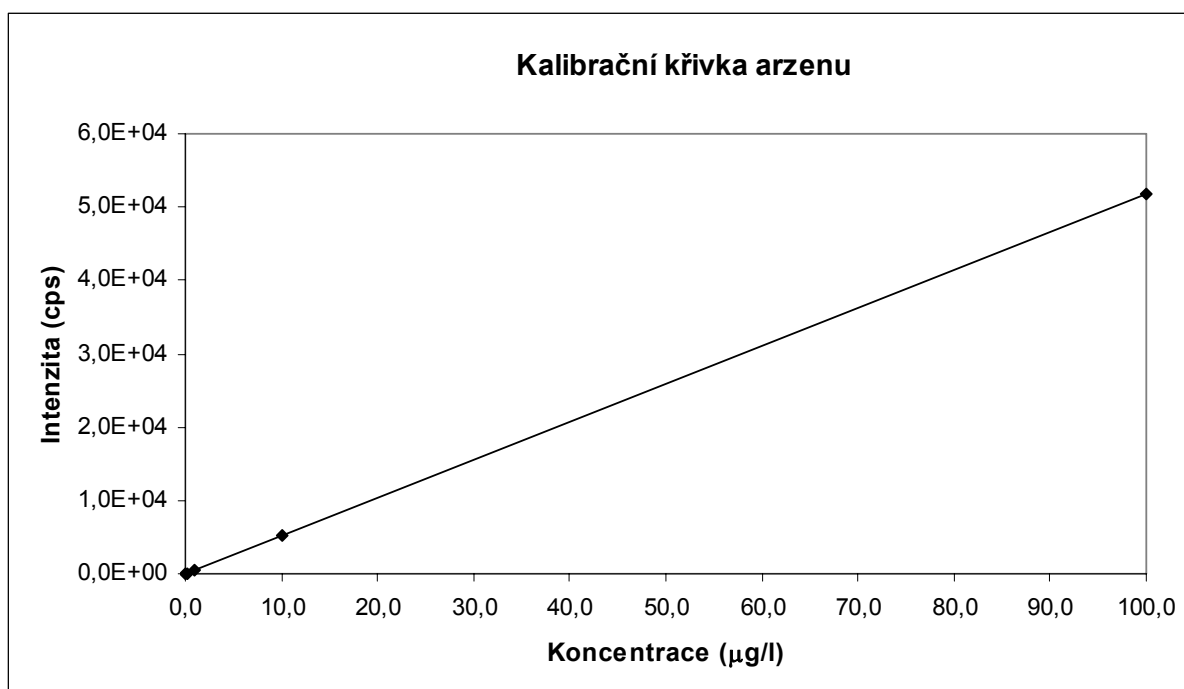
4.1.10 Arzen

Kalibrační křivka pro arzen je uvedena v grafu 13., naměřené hodnoty ze kterých byla kalibrační křivka zkonstruována a příslušné relativní směrodatné odchylky jsou uvedeny v **Tab.50.** Relativní směrodatné odchylky byly velmi nízké, proto nebyly vynášeny do grafu jako chybové úsečky.

Tab.50. Hodnoty pro kalibrační křivku arzenu

| Koncentrace (µg/l) | 0,0 | 0,1 | 1,0 | 10,0 | 100,0 |
|--------------------|------|------|-------|--------|---------|
| Intenzita (cps) | 6,3 | 55,6 | 536,7 | 5165,9 | 51764,9 |
| RSD* | 10,2 | 5,3 | 2,9 | 1,1 | 0,5 |

* RSD = relativní směrodatná odchylka



Graf 13. Kalibrační křivka arzenu

Všechny hodnoty pro jednotlivé analyzované vzorky byly přepočítány na koncentraci µg/kg. Hodnota pro mez detekce je 0,43 µg/kg.

Tab.51. Obsah arzenu v analyzovaných ořechách a semenech a porovnání s ostatními studiemi

| Ořechy a semena | Naměřený obsah (µg/kg) | Švédská studie [47] (µg/kg) | Bio ořechy a semena | Naměřený obsah (µg/kg) |
|---------------------|------------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------|
| Arašídy | 3,19 | 6,60 | Arašídy | 18,22 |
| Kešu | 22,91 | 5,30 | Kešu | 3,01 |
| Lískové ořechy | 24,90 | 11,00 | Lískové ořechy | 6,82 |
| Mandle | 14,61 | 6,60 | Mandle | 31,24 |
| Para ořechy | 30,68 | 1,30 | Para ořechy | 15,16 |
| Pekanové ořechy | 84,82 | 4,50 | Pekanové ořechy | 6,21 |
| Pinie | 6,36 | 14,00 | Pinie | 55,98 |
| Pistácie | 99,84 | 13,00 | Pistácie | 12,10 |
| Vlašské ořechy | 13,30 | 7,10 | Vlašské ořechy | 18,32 |
| Dýňová semena | 8,41 | 5,10 | Dýňová semena | 44,60 |
| Slunečnicová semena | 9,62 | 6,10 | Slunečnicová semena | 18,58 |

Protože vyhláška 305/2004 Sb., kterou se stanoví druhy kontaminujících a toxikologicky významných látek a jejich přípustná množství v potravinách neuvádí hodnoty NPM pro ořechy a semena pro žádný toxický prvek, byly pro porovnání vzaty buď nejnižší hodnoty NPM, které vyhláška obsahuje nebo hodnoty podobného zástupce jako jsou vzorky.

Nejpřísnější hodnoty pro obsah arzenu v potravinách jsou stanoveny pro dětskou a kojeneckou výživu, a to 0,1 mg/kg [12]. Této hodnotě se nejvíce blíží obsah arzenu v pistáciích.

Dále pak lze z **Tab.51.** vyvodit, že naměřené hodnoty obsahu arzenu jsou buď velmi blízké hodnotám podle Švédské studie, nebo výrazně vyšší. Nejnižší naměřené hodnoty byly u bio kešu a nebio arašídů, nejvyšší u nebio pistácií a nebio pekanových ořechů. Švédská studie předkládá výsledky obecně nižší než naměřené hodnoty a nejnižší obsah arzenu udává u para ořechů a nejvyšší u pinií. Nebyl pozorován rozdíl mezi nízkou koncentrací arzenu bio a nebio ořechů, koncentrace je závislá na jednotlivém typu ořechu nebo semene, rozdíl v rámci každé dvojice (bio a nebio ořech nebo semeno) však byl výrazný.

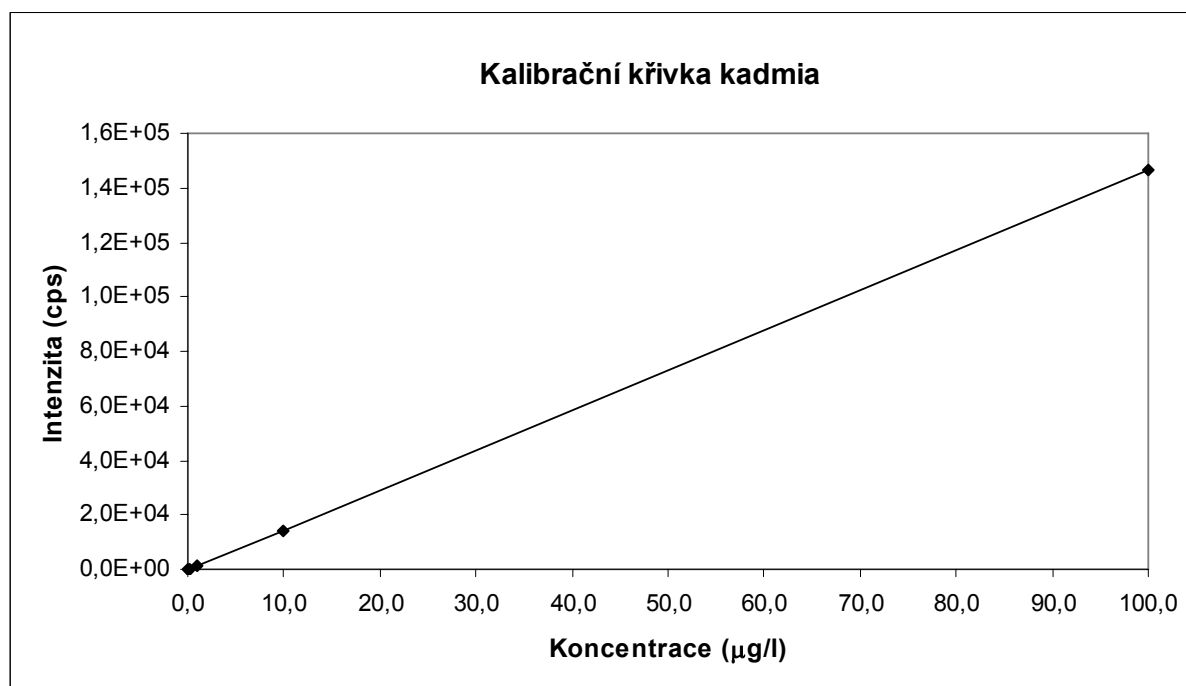
4.1.11 Kadmium

Kalibrační křivka pro kadmium je uvedena v grafu 14., naměřené hodnoty ze kterých byla kalibrační křivka zkonstruována a příslušné relativní směrodatné odchylky jsou uvedeny v **Tab.52.** Relativní směrodatné odchylky byly velmi nízké, proto nebyly vynášeny do grafu jako chybové úsečky.

Tab.52. Hodnoty pro kalibrační křivku kadmia

| Koncentrace (µg/l) | 0,0 | 0,1 | 1,0 | 10,0 | 100,0 |
|--------------------|-----|-------|--------|---------|----------|
| Intenzita (cps) | 7,4 | 150,7 | 1486,0 | 14336,0 | 146525,4 |
| RSD* | 8,7 | 11,8 | 1,8 | 0,8 | 0,1 |

* RSD = relativní směrodatná odchylka



Graf 14. Kalibrační křivka kadmia

Všechny hodnoty pro jednotlivé analyzované vzorky byly přepočítány na koncentraci µg/kg. Hodnota pro mez detekce je 0,17 µg/kg.

Tab.53. Obsah kadmia v analyzovaných ořechách a semenech a porovnání s ostatními studiemi

| Ořechy a semena | Naměřený obsah (µg/kg) | Španělská studie [49] (µg/kg) | Švédská studie [47] (µg/kg) | Bio ořechy a semena | Naměřený obsah (µg/kg) |
|-----------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------|
| Arašídy | 38,36 | 9,00 | 44,00 | Arašídy | 51,25 |

Tab.53. Obsah kadmia v analyzovaných ořechách a semenech a porovnání s ostatními studiemi - pokračování

| Ořechy a semena | Naměřený obsah (µg/kg) | Španělská studie [49] (µg/kg) | Švédská studie [47] (µg/kg) | Bio ořechy a semena | Naměřený obsah (µg/kg) |
|---------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------|
| Kešu | 11,93 | <MD* | 0,80 | Kešu | 5,88 |
| Lískové ořechy | 11,75 | 6,00 | 10,00 | Lískové ořechy | 12,70 |
| Mandle | 19,01 | 8,00 | 0,69 | Mandle | 5,66 |
| Para ořechy | 141,87 | - | 0,52 | Para ořechy | 224,72 |
| Pekanové ořechy | 43,96 | - | 45,00 | Pekanové ořechy | 70,38 |
| Pinie | 5,26 | <MD* | 61,00 | Pinie | 3,10 |
| Pistácie | 10,85 | <MD* | 4,70 | Pistácie | 9,76 |
| Vlašské ořechy | 3,68 | 6,00 | 0,65 | Vlašské ořechy | 3,09 |
| Dýňová semena | 11,43 | - | 13,00 | Dýňová semena | 11,17 |
| Slunečnicová semena | 151,52 | 14,00 | 290,00 | Slunečnicová semena | 70,87 |

* <MD = hodnota je pod mezí detekce

Jako referenční hodnota pro porovnání obsahu kadmia byla z vyhlášky vybrána hodnota pro luštěniny, kde je stanoveno nejvyšší přípustné množství kadmia 0,01 mg/kg [12]. Jak plyne z **Tab.53.** tento obsah výrazněji překračují nebio ořechy a semena než tytéž ořechy a semena v bio kvalitě. Výrazně vyšší obsah mají para ořechy především bio kvality (možná kontaminace vzorku), následované slunečnicovými semeny nebio a bio kvality.

Naměřené hodnoty obsahu kadmia opět značně kolísají a to i ve vztahu k hodnotám ostatních studií. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny u bio para ořechů a nejnižší u vlašských ořechů (bio i nebio) a bio pinií. Obsah kadmia podle Španělské studie je buď pod mezí detekce, nebo výrazně nekolísá. Švédská studie udává nízký obsah kadmia u více druhů ořechů a nejvyšší obsah představují slunečnicová semena, kdy byl obsah u naměřených hodnot rovněž vysoký. Podobně jako u obsahu arzenu nelze pozorovat rozdíl mezi bio a nebio ořechy obecně, závisí na druhu ořechu a semene, některé hodnoty jsou podobné (např.: lískové ořechy, vlašské ořechy, dýňová semena), jiné výrazně rozdílné (para ořechy a slunečnicová semena).

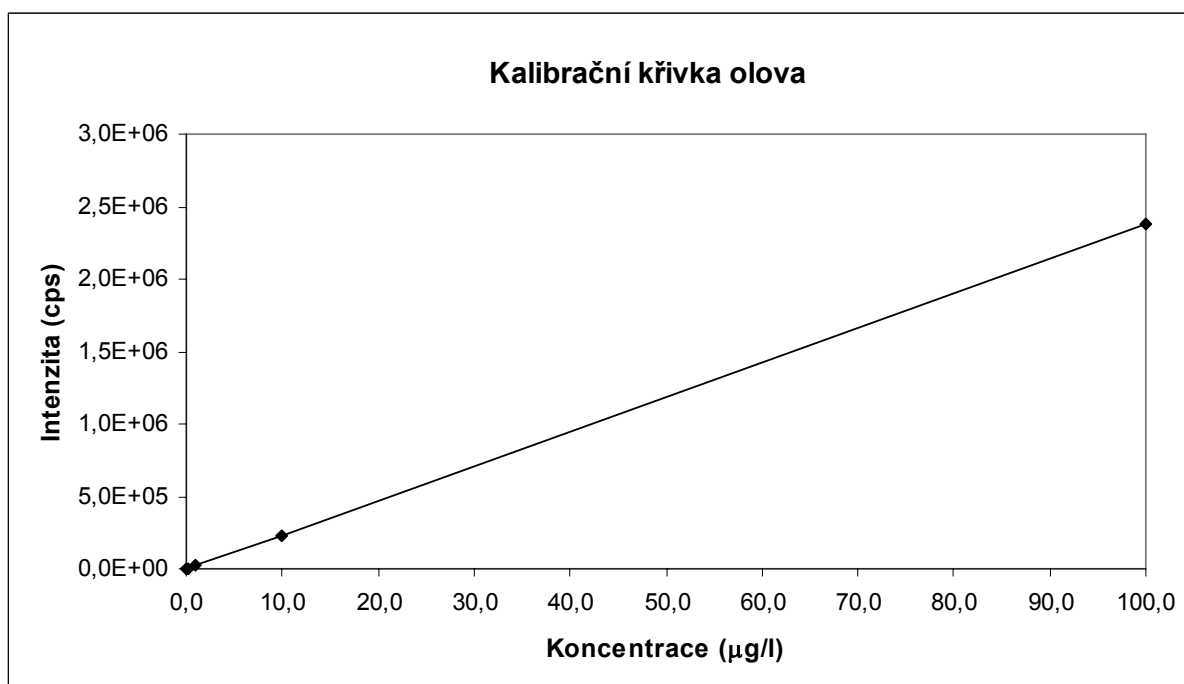
4.1.12 Olovo

Kalibrační křivka pro olovo je uvedena v grafu 15., naměřené hodnoty ze kterých byla kalibrační křivka zkonstruována a příslušné relativní směrodatné odchylky jsou uvedeny v **Tab.54.** Relativní směrodatné odchylky byly velmi nízké, proto nebyly vynášeny do grafu jako chybové úsečky.

Tab.54. Hodnoty pro kalibrační křivku olova

| Koncentrace (µg/l) | 0,0 | 0,1 | 1,0 | 10,0 | 100,0 |
|--------------------|-------|--------|---------|----------|-----------|
| Intenzita (cps) | 431,1 | 2834,6 | 23827,7 | 233511,8 | 2384114,0 |
| RSD* | 2,7 | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,4 |

* RSD = relativní směrodatná odchylka



Graf 15. Kalibrační křivka olova

Všechny hodnoty pro jednotlivé analyzované vzorky byly přepočítány na koncentraci µg/kg. Hodnota pro mez detekce je 0,20 µg/kg. Obsah olova u vzorku bio para ořechů byl vyloučen, protože došlo pravděpodobně ke kontaminaci vzorku. Rovněž byl vyloučen jedna z hodnot obsahu olova u pekanových ořechů ze stejného důvodu.

Tab.55. Obsah olova v analyzovaných ořechách a semenech a porovnání s ostatními studiemi

| Ořechy a semena | Naměřený obsah (µg/kg) | Španělská studie [49] (µg/kg) | Švédská studie [47] (µg/kg) | Bio ořechy a semena | Naměřený obsah (µg/kg) |
|---------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------|
| Arašídý | <MD* | 290,00 | 4,80 | Arašídý | <MD* |
| Kešu | <MD* | 220,00 | 2,40 | Kešu | <MD* |
| Lískové ořechy | 37,18 | 310,00 | 7,30 | Lískové ořechy | <MD* |
| Mandle | 32,34 | 300,00 | 0,64 | Mandle | <MD* |
| Para ořechy | 42,97 | - | 1,70 | Para ořechy | K** |
| Pekanové ořechy | 153,35 | - | 0,82 | Pekanové ořechy | 25,71 |
| Pinie | 48,48 | 300,00 | 6,80 | Pinie | <MD* |
| Pistácie | 43,13 | 180,00 | 2,90 | Pistácie | 256,40 |
| Vlašské ořechy | 44,02 | 240,00 | 0,25 | Vlašské ořechy | <MD* |
| Dýňová semena | 4,18 | - | 7,90 | Dýňová semena | 31,57 |
| Slunečnicová semena | <MD* | 180,00 | 3,10 | Slunečnicová semena | 3,53 |

* <MD = hodnota je pod mezí detekce

** K = vzorek byl pravděpodobně kontaminován

Podobně jako u obsahu arzenu i pro porovnání obsahu olova byla vybrána nejnižší hodnota NPM, která je definována pro brambory a bramborové výrobky, a to 0,2 mg/kg [12]. Kromě bio pistácií tyto hodnoty žádný vzorek nepřekračuje.

Také z **Tab.55.** vyplývá, že hodnoty podle Španělské studie (vzorky zakoupené na Španělském trhu) jsou řádově vyšší než u Švédské studie a naměřené hodnoty spadají do tohoto rozpětí (pokud jsou hodnoty udány). Naměřený obsah olova opět velmi kolísá. Nejvyšší obsah byl naměřen u bio pistácií a hodnoty pod mezí detekce jsou u více druhů ořechů. Vyjma výše zmiňovaných pistácií jsou hodnoty u bio ořechů nižší než u nebio, u semen je tomu naopak. Podle Švédské studie je nejvyšší obsah olova v dýňových semenech a lískových ořechách a nejnižší v vlašských ořechách a mandlích.

4.1.13 Rtuť

Jak je zmíněno v biologické monitoringu: Zdravotní důsledky expozice lidského organismu toxickým látkám ze zevního prostředí (biologický monitoring), pro stanovení rtuti je lépe využít měření na atomovém absorpčním spektrometru AMA 254 [13]. Využívá se pro stanovení celkového obsahu rtuti v pevných i kapalných vzorcích bez potřeby předchozí úpravy vzorku (rozkladu, separace). Spektrometr využívá principu generování par kovové rtuti tepelným rozkladem vzorku ve spalovací trubici s následným zachycením a zakoncentrováním na zlatém amalgamátoru, opětovným tepelným vypuzením a detekcí. Tímto je dosaženo vysoké citlivosti bez závislosti na matrici. Nosným plynem je kyslík. Dávkovaný vzorek má objem cca 500 µl nebo váhu cca 300 mg. Orientační mez detekce je 0,01 ng Hg [52].

4.2 Porovnání bio a nebio ořechů z hlediska obsahu prvků

Následující **Tab.56.** porovnává obsah esenciálních prvků v bio a nebio ořechách a semenech. Koncentrace prvku je aritmetickým průměrem dvou naměřených hodnot. Tučně je zvýrazněn ten prvek, který má vyšší hodnotu, výjimku tvoří koncentrace sodíku, kde je naopak preferovaní nízká hodnota.

Tab.56. Porovnání nebio a bio ořechů a semen z hlediska obsahu esenciálních prvků

| Nebio | Na | Mg | K | Ca | Mn | Fe | Cu | Zn | Se |
|-------------------|--------------|-------------|--------------|----------------|---------------|---------------|--------------|---------------|----------------|
| Bio | mg/kg | g/kg | g/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | µg/kg |
| Arašídý | 13,04 | 2,17 | 6,80 | 696,24 | 16,63 | 11,39 | 7,33 | 31,90 | 153,36 |
| | 9,73 | 2,39 | 7,00 | 683,13 | 11,83 | 17,07 | 8,71 | 41,25 | 95,52 |
| Kešu | 40,49 | 2,51 | 6,63 | 291,23 | 12,96 | 84,31 | 24,99 | 72,81 | 171,70 |
| | 76,66 | 2,34 | 6,31 | 261,10 | 13,05 | 57,02 | 19,33 | 70,54 | 195,02 |
| Lískové ořechy | 18,86 | 1,56 | 8,09 | 1507,43 | 10,60 | 40,79 | 15,61 | 23,24 | <MD* |
| | 0,18 | 1,48 | 5,62 | 1535,04 | 31,70 | 34,10 | 18,32 | 27,09 | <MD* |
| Mandle | 102,24 | 3,16 | 8,33 | 3014,21 | 17,27 | 35,47 | 10,27 | 41,24 | <MD* |
| | 2,31 | 2,90 | 8,23 | 3186,58 | 18,07 | 27,23 | 12,89 | 35,48 | <MD* |
| Para ořechy | 2,01 | 2,50 | 6,98 | 140,25 | 104,32 | 63,92 | 14,07 | 77,42 | <MD* |
| | 10,25 | 2,51 | 6,83 | 169,44 | 115,86 | 58,45 | 14,25 | 84,94 | <MD* |
| Pekanové ořechy | 13,83 | 1,18 | 4,10 | 597,04 | 20,59 | 27,07 | 10,86 | 51,49 | <MD* |
| | 3,17 | 1,43 | 4,40 | 648,86 | 15,84 | 20,29 | 15,01 | 54,25 | 96,11 |
| Pinie | 26,84 | 4,44 | 7,50 | 4434,71 | 18,10 | 28,15 | 20,43 | 51,92 | 2834,66 |
| | <MD* | 3,83 | 5,76 | 2554,24 | 20,33 | 31,27 | 15,03 | 52,94 | 2748,50 |
| Pistácie | 52,31 | 1,43 | 11,05 | 1452,38 | 9,14 | 29,66 | 8,02 | 26,05 | <MD* |
| | NM** | 1,10 | 10,03 | 1081,65 | 20,33 | 70,95 | 20,61 | 110,95 | 612,88 |
| Vlašské ořechy | 2,27 | 1,80 | 5,12 | 1006,74 | 26,03 | 26,80 | 9,50 | 36,10 | <MD* |
| | <MD* | 1,70 | 4,35 | 992,15 | 26,78 | 19,13 | 8,51 | 39,96 | <MD* |
| Dýňová semena | 52,31 | 4,73 | 8,75 | 534,70 | 38,02 | 101,40 | 14,12 | 99,41 | 296,61 |
| | 96,62 | 4,92 | 8,79 | 688,60 | 38,48 | 114,70 | 11,32 | 62,86 | 222,77 |
| Slunečnic. semena | | | | | | | | | |
| | 1,35 | 3,99 | 8,71 | 1035,17 | 29,43 | 59,69 | 18,25 | 64,44 | 107,30 |
| | 50,45 | 2,85 | 6,02 | 1052,35 | 18,22 | 57,21 | 20,51 | 73,21 | 131,46 |

* MD = hodnota je pod mezí detekce

** NM = neměřeno

Bio arašídý se svým obsahem esenciálních prvků jeví jako bohatší ve srovnání s nebio arašídý, rozdíl je však nevýrazný. Naopak nebio kešu mírně převyšují svým obsahem především stopových prvků nad bio kešu ořechy. Lískové ořechy až na obsah sodíku (který je u bio ořechů nižší) jeví vyrovnaný obsah prvků, přesto v průměru jsou bio ořechy nepatrně lepší. Bio mandle se tak jako bio lískové ořechy vyznačují nízkým obsahem sodíku, opět se jeví mírně bohatší. U para ořechů je tomu naopak - nebio ořechy mají nižší obsah sodíku, jinak je tomu stejně, jako v případě mandlí. Pekanové ořechy bio kvality mají vyšší obsah některých prvků, rozdíl je však nevýznamný. Bio pinie mají opět nízký obsah sodíku, zatím co nebio pinie téměř dvojnásobný obsah vápníku. Nebio pistácie mají vyšší obsah majoritních esenciálních prvků, bio pistácie stopových. Bio vlašské ořechy mají nižší obsah sodíku, jinak rozdíly v obsahu prvků nekolísají. Dýňová semena komerční kvality mají nižší obsah sodíku než bio dýňová semena, tyto jsou však velkým rozdílem bohatší na

esenciální prvky. Podobně jako nebio dýňová semena i nebio slunečnicová semena mají nižší obsah sodíku než bio semena, obsah ostatních prvků je podobný.

Tab.57. porovnává obsah nebio a bio ořechů z hlediska obsahu toxických prvků, přičemž je zvýrazněna ta hodnota koncentrace, která je nižší.

Tab.57. Porovnání nebio a bio ořechů a semen z hlediska obsahu toxických prvků

| Nebio | As | Cd | Pb |
|---------------------|--------------|---------------|----------------|
| Bio | µg/kg | µg/kg | µg/kg |
| Arašídý | 3,19 | 38,36 | <MD* |
| | 18,22 | 51,25 | <MD* |
| Kešu | 22,91 | 11,93 | <MD* |
| | 3,01 | 5,88 | <MD* |
| Lískové ořechy | 24,90 | 11,75 | <MD* |
| | 6,82 | 12,70 | <MD* |
| Mandle | 14,61 | 19,01 | <MD* |
| | 31,24 | 5,66 | <MD* |
| Para ořechy | 30,68 | 141,87 | 42,97 |
| | 15,16 | 224,72 | K** |
| Pekanové ořechy | 84,82 | 43,96 | 153,35 |
| | 6,21 | 70,38 | 25,71 |
| Pinie | 6,36 | 5,26 | 48,48 |
| | 55,98 | 3,10 | <MD* |
| Pistácie | 99,84 | 10,85 | 43,13 |
| | 12,10 | 9,76 | 256,40 |
| Vlašské ořechy | 13,30 | 3,68 | 44,02 |
| | 18,32 | 3,09 | <MD* |
| Dýňová semena | 8,41 | 11,43 | 4,18 |
| | 44,60 | 11,17 | 31,57 |
| Slunečnicová semena | 9,62 | 151,52 | <MD* |
| | 18,58 | 70,87 | 3,53 |

* MD = hodnota je pod mezí detekce

** K = vzorek byl pravděpodobně kontaminován

Z hlediska obsahu toxických prvků jsou arašídý a dýňová semena komerční kvality vhodnější. Bio kešu ořechy mají oproti nebio nižší obsah toxických prvků. Vlašské ořechy se jeví svým obsahem jako vyrovnané, výrazná je však koncentrace olova pod mezí detekce u bio ořechů. U ostatních ořechů a semen je volba závislá na jednotlivém toxickém prvku, respektive u daného typu ořechu nebo semena má jeden prvek vždy výrazně vyšší koncentraci než ostatní dva, proto nelze jednoznačně konstatovat, který je lepší.

4.3. Porovnání ořechů a semen z hlediska země původu

Tab.58. porovnává bio a nebio ořechy z hlediska země původu.

Tab.58. Porovnání ořechů a semen z hlediska země původu

| Nebio | Arašídý | Kešu | Lískové ořechy | Mandle | Para ořechy | Pekanové ořechy | Pinie | Pistácie |
|------------------------|-------------------|-------|-------------------|--------|------------------------|--------------------|-------|----------|
| Bio | | | | | | | | |
| Země původu | Čína | Indie | Turecko | USA | Brazílie | USA | Čína | Írán |
| Nebio | Čína | Indie | Turecko | USA | Bolívie | USA | | Írán |
| Bio | Vlašské ořechy | | Dýňová semena | | Slunečnicová semena | | | |
| Země původu | Moldávie | | ČR | | USA | | | |
| Bio | Ukrajina | | ČR | | Argentina | | | |

Z **Tab.58.** je patrné, že u většiny každého jednotlivého druhu ořechu nebo semene (bio i nebio kvality) je země původu stejná (nebo jde o sousedící země) s výjimkou slunečnicových semen (USA a Argentina). Z hlediska obsahu esenciálních prvků jsou hodnotnější slunečnicová semena z Argentiny. U ostatních ořechů a semen je srovnání z hlediska země původu irelevantní.

To, že prvkové složení ořechů ovlivňuje geografický původ potvrzuje i studie multielemental fractionation in pine nuts (*Pinus pinea*) from different geographic origins by size-exclusion chromatography with UV and inductively coupled plasma mass spectrometry detection, na příkladu piniových ořechů z různých částí Španělska [53].

4.4 Diskuze

V této kapitole jsou shrnuty výsledky předchozích kapitol. Pro přehlednost jsou závěry opět rozděleny podle jednotlivých hledisek.

4.4.1 Z hlediska obsahu prvků

| | |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sodík | Hodnoty obsahu značně kolísají, jsou pro různé studie odlišné. Obsah sodíku je často jediným výrazným rozdílem mezi ořechy a semeny bio a nebio kvality. Nejméně sodíku obsahují bio pinie a bio vlašské ořechy, nejvíce mandle komerční kvality. |
| Hořčík | Naměřené obsahy jsou podobné obsahům z ostatních studií. Nejvyšších hodnot hořčíku dosáhly bio dýňová semena, nejnižší bio pistácie. |
| Draslík | Výsledky naměřeného obsahu opět splývají s výsledky ostatních studií. Svým obsahem draslíku dominují nebio pistácie a malý obsah mají nebio pekanové ořechy. |
| Vápník | Některé naměřené hodnoty se liší od ostatních studií. U pinií komerční kvality byl naměřen nejvyšší obsah vápníku, nejnižší u nebio para ořechů. |
| Mangan | Podobně jako u vápníku některé hodnoty jsou rozdílné od ostatních studií. Nejvyšší naměřený obsah je u para ořechů obojí kvality a nejnižší u pistácií (bio i nebio). |
| Železo | Většina hodnot obsahu je podobná nebo vyšší než hodnoty obsahu ostatních dvou studií. Reprezentanty vysokého obsahu železa jsou dýňová semena (bio i nebio) a nízkého arašídů (bio i nebio). |
| Měď | Ostatní studie poskytují podobné výsledky jako výsledky naměřené pro účely této práce. Celkově všechny hodnoty obsahu mědi jsou podobné. Nejvíce mědi bylo naměřeno v nebio kešu a nejméně v nebio arašídech. |
| Zinek | Majoritní část výsledků naměřených obsahů zinku jsou analogické ostatními studiemi. Nejvyšší obsah zinku byl zjištěn v bio pistáciích, kde byl výsledek několikrát vyšší než u ostatních třech studií. Nejmenší obsah zinku byl naměřen v lískových ořechách. |
| Selen | Hodnoty obsahu selenu, podobně jako obsahu sodíku velmi kolísají, jak v rámci naměřených hodnot, tak v rámci ostatních studií. Výrazně nejvyšší hodnoty byly zjištěny u pinií, tyto výsledky však nepodporuje žádná jiná studie. Hodnoty pod mezí detekce mělo více druhů ořechů. |
| Arzen | Některé hodnoty jsou podobné Švédské studii, jiné výrazně vyšší. Malé obsahy byly naměřeny u bio kešu a nebio arašídů a vysoké u nebio pistácií a nebio pekanových ořechách. Právě nebio pistácie se svým obsahem arzenu přibližují hodnotě NPM pro dětskou a kojeneckou výživu. |
| Kadmium | Podobně jako u obsahu selenu hodnoty obsahu kadmia kolísají, i když ne tak výrazně. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny u bio para ořechů, nejnižší u vlašských ořechů obojí kvality. Para ořechy (možná kontaminace) a nebio slunečnicová semena výrazně překračují hodnotu NPM pro luštěniny. |
| Olovo | Naměřené obsahy jsou v rozpětí hodnot ostatních dvou studií, i když jsou hodnoty těchto dvou studií značně rozdílné. Nejvyšší hodnota olova byla naměřena u bio pistácií. Nižší hodnoty byly zjištěny u bio ořechů a nebio semen. Nejnižší NPM je stanoveno pro brambory a bramborové výrobky, vyšší obsah mají pouze bio pistácie. |

Většina naměřených koncentrací odpovídá dostupným datům z ostatních studií – ministerstva zemědělství USA [16], Švédské [47] a Španělské studie [49]. Významné rozdíly v obsahu esenciálních prvků bio a nebio ořechů a semen jsou svázány se změnami koncentrace sodíku a selenu. V celkovém hodnocení nejhůře dopadly pekanové ořechy komerční kvality, následované pistáciemi, které měly nejvyšší koncentrace olova i arzenu (bio a nebio pistácie), některé obsahy mají vysoké a některé naopak velmi nízké. Třetí nejčastěji zmiňované jsou arašídny, které mají výsledně spíše nižší obsahy prvků – obsahují nejméně železa a mědi ze všech ořechů.

4.4.2 Z hlediska typu ořechu a semene

| | |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Arašídny | Bio arašídny obsahují průměrně více esenciálních prvků než nebio, tyto vyšší hodnoty jsou však nevýrazné. Naopak z hlediska obsahu toxických prvků jsou lepší nebio arašídny. |
| Kešu | Svým obsahem esenciálních prvků, především stopových prvků (Fe, Cu, Zn), předčí nebio kešu bio ořechy. Toxických prvků obsahují méně bio ořechy. |
| Lískové ořechy | Vyšším obsahem esenciálních prvků a předně malým obsahem sodíku jsou bio lískové ořechy lepší než ořechy komerční kvality. Rozdíly jsou však opět nevelké. Rovněž mají bio lískové ořechy nižší hodnoty obsahu toxických prvků. |
| Mandle | Bio mandle mají nižší obsah sodíku než nebio mandle. Obsah ostatních esenciálních prvků je podobný. Podobně i z naměřených obsahů toxických prvků nelze rozhodnout, ořechy jaké kvality jsou lepší. |
| Para ořechy | Až na vyšší koncentraci sodíku mají v průměru vyšší obsahy esenciálních prvků bio para ořechy. Vzhledem ke kontaminaci vzorku nelze rozhodnout, které ořechy (bio či nebio) mají nižší obsah olova. Obsah kadmia byl pravděpodobně také zkreslen kontaminací a z hlediska obsahu arzenu jsou lepší bio ořechy. |
| Pekanové ořechy | Obsahem esenciálních prvků (i nízkým obsahem sodíku) spíše dominují bio pekanové ořechy než nebio. Obsah toxických prvků, až na vyšší obsah kadmia tuto tezi potvrzuje. |
| Pinie | Nebio pinie svým obsahem esenciálních prvků a především téměř dvojnásobným obsahem vápníku vynikají nad bio ořechy, které mají naopak nižší obsah sodíku. Z hlediska obsahu toxických prvků jsou vhodnější bio pinie (mají však vysoký obsah arzenu, který je asi o polovinu nižší než NPM pro dětskou a kojeneckou výživu). |
| Pistácie | Nebio pistácie mají vyšší obsah majoritních esenciálních prvků, bio pistácie stopových. Celkově tedy jsou bio pistácie hodnotnější, což potvrzuje i obsahem toxických prvků, vyjma obsahu olova (možná kontaminace vzorku). |
| Vlašské ořechy | U vlašských ořechů lze až na obsah sodíku (bio ořechy ji mají nižší) pozorovat velmi vyrovnaný obsah esenciálních prvků. I z hlediska obsahu toxických prvků jsou bio i nebio ořechy vyrovnané (nižší obsah olova mají bio ořechy). |
| Dýňová semena | Kromě vyššího obsahu sodíku mají bio dýňová semena i poněkud vyšší obsah většiny esenciálních prvků. Obsahem toxických prvků se zdají lepší nebio dýňová semena. |
| Slunečnic. semena | Výrazně nižším obsahem sodíku převyšují nebio slunečnicová semena bio semena, jinak jsou obsahy ostatních prvků podobné. Celkově jsou z hlediska obsahu toxických prvků vhodnější nebio semena, mají však vyšší obsah kadmia než bio semena. |

Celkově mají nebio ořechy a semena vyšší obsah toxických látek než bio ořechy a semena, rozdíl však není markantní. Pokud zahrneme do vysokého obsahu esenciálních prvků i vysoký obsah sodíku, není rozdíl mezi bio a nebio ořechy a semeny.

Z hlediska vyššího obsahu esenciálních prvků (i vyšší koncentrace sodíku) jsou lepší bio semena (2:0) a bio ořechy (5:4), kde však rozdíl není podstatný. Z hlediska nižšího obsahu toxických prvků jsou lepší nebio semena a bio ořechy.

Pokud se porovnají jednotlivé ořechy a semena, zda mají jak vysoký obsah esenciálních prvků tak zároveň i toxických, pak lze konstatovat, že byl prokázán vztah mezi vysokým obsahem esenciálních prvků a vysokým obsahem toxických prvků (5:3). Naopak nebylo prokázáno, že by většina ořechů a semen měla vysoký obsah esenciálních prvků a zároveň nízký obsah toxických prvků.

5 ZÁVĚR

I když se v posledních letech trh s bio produkty značně rozšířil a potencionální zákazníci očekávají od těchto produktů (potravin, kosmetiky a oděvů) vysokou kvalitu, hlavně z hlediska obsahu esenciálních látek u potravin, výsledky této studie tyto předpoklady nepotvrzují. Nebylo prokázáno, že by celkový obsah všech esenciálních prvků byl vyšší v produktech ekologického zemědělství než v komerčních produktech, byl však naměřen celkově vyšší obsah toxických prvků v nebio ořechách a semenech (rozdíl nebyl však výrazný). Navíc z výsledků vyplývá že je rozdíl v obsahu prvků mezi semeny a ořechy – z hlediska obsahu esenciálních prvků jsou bohatší bio semena a ořechy (nevýrazně) a z hlediska obsahu toxických prvků mají nižší obsahy bio ořechy a nebio semena.

Zda-li je obsah toxických prvků vysoký nebo ne nebylo možno porovnat, protože vyhláška č. 305/2004 Sb., kterou se stanoví druhy kontaminujících a toxikologicky významných látek a jejich přípustná množství v potravinách, nejvyšší přípustná množství pro ořechy a semena neuvádí [12]. Hodnoty, které byly použity pro srovnání byly překročeny u obsahu kadmia v para ořechách (možná kontaminace) a nebio slunečnicových semenech a u obsahu olova v bio pistáciích.

Seriózní prodejci ekologických produktů by měli své zákazníky vést k tomu, aby pochopili, že se důležité jsou především postupy získávání surovin, které jsou šetrnější k životnímu prostředí. Na druhou stranu je jasné, že jim tento stav vyhovuje a reklamy podporují v zákaznících klamný pocit, že bio produkty neobsahují konzervanty a jiná aditiva. Lze těžko předpokládat, že např.: bio produkty z Číny, kde jsou spotřebitelé neustále masivně konfrontováni se špatným stavem životního prostředí, budou nejlepší volbou. Bylo by tedy vhodné nejen změnit postoj k ochraně životního prostředí volbou vhodných pěstitelských technik, ale také nezatěžovat životní prostředí průmyslovými zplodinami a jinými odpady, které pak pronikají do potravního řetězce.

U většiny ořechů a semen není země původu podstatnou informací, protože bio i nebio ořechy a semena pochází ze stejné země, tudíž nelze rozhodnout, která země původu je z hlediska obsahu prvků ve vzorcích výhodnější. Samozřejmě je např. země původu USA značně široký pojem, nehledě k tomu, že i v rámci jednotlivých zemí je různé složení půdy v různých částech daného státu. To že geografický původ odráží prvkové zastoupení ve vzorcích potvrzuje i studie o zastoupení vybraných prvků v piniových ořechách [53].

Závěrem je třeba konstatovat, že bylo proměřeno jen malé množství vzorků zakoupených na Českém trhu (a tři vzorky na Kanadském trhu), což je pro vyslovení objektivních názorů nedostačující. Bylo by za potřebí změřit větší množství vzorků, aby byly naměřené koncentrace nejen přesnější, ale i schopné porovnání s výsledky jiných studií.

6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Zákon č. 242/2000 Sb. o ekologickém zemědělství. [online]. [cit. 11.6.2008]. Dostupné z: <http://www.agronavigator.cz/ekozem/default.asp?ids=0&ch=26&typ=1&val=1677>
- [2] Velíšek J.: *Chemie potravin 2*. Tábor: Osis, 2002. 320 s. ISBN 80-86659-01-1
- [3] Vránová D.: *Nutraceutika*. Učební text pro posluchače FCH VUTBR. 2007-2008. Nepublikováno.
- [4] Pamplona-Roger, G.D.: *Encyklopedie léčivých potravin*. 1. vyd. Praha: Advent-Orion, 2005. 385 s. ISBN 80-7172-542-0
- [5] Hořík. [online]. [cit. 15.3.2009]. Dostupné z: https://www.zdravcentra.cz/cps/rde/xchg/zc/xsl/55_2066.html
- [6] Wilsonova choroba. [online]. [cit. 22.4.2009]. Dostupné z: <http://lekarske.slovníky.cz/pojem/wilsonova-choroba>
- [7] Zinek. [online]. [cit. 15.3.2009]. Dostupné z: https://www.zdravcentra.cz/cps/rde/xchg/zc/xsl/55_2054.html
- [8] Železo. [online]. [cit. 15.3.2009]. Dostupné z: https://www.zdravcentra.cz/cps/rde/xchg/zc/xsl/55_2053.html
- [9] DRI Summary Listing Table. [online]. [cit. 5.3.2009]. Dostupné z: www.iom.edu/Object.File/Master/21/372/0.pdf
- [10] Vyhláška 450/2004 Sb., o označování výživové hodnoty potravin. [online]. [cit. 7.3.2009] Dostupné z: <http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1005990&docType=ART&nid=11307>
- [11] Mandal, B.K., Suzuki, K.T.: *Arsenic round the world: a review*. Talanta, 58, 2002, 201 - 235 p.
- [12] 305/2004 Sb. vyhláška, kterou se stanoví druhy kontaminujících a toxikologicky významných látek a jejich přípustná množství v potravinách. [online]. [cit. 12.3.2009]. Dostupné z: <http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1006047&docType=ART&nid=11307>
- [13] Zdravotní důsledky expozice lidského organismu toxickým látkám ze zevního prostředí (biologický monitoring) [online]. [cit. 12.3.2009] Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/biomonitoring/Odb_zprava_genet_07.pdf
- [14] Reeves, P.G., Chaney, R.L.: *Bioavailability as an issue in risk assessment and management of food kadmium: A review*. Science of The Total Environment, 398, 2008, 13 - 19 p.
- [15] Obrázek arašídů. [online]. [cit. 11.2.2009]. Dostupné z: <http://anaphylaxis.navaio.cz/anaphylaxis.jpg>
- [16] Nuts and seed products. [online]. [cit. 13.3.2009]. Dostupné z: <http://www.ars.usda.gov/services/docs.htm?docid=17475>
- [17] Obrázek kešu. [online]. [cit. 11.2.2009]. Dostupné z: <http://blog.sme.sk/blog/7/4141/veverickin-sen-008.jpg>
- [18] Obrázek lískové ořechy. [online]. [cit. 11.2.2009]. Dostupné z: <http://www.abecedazahrady.cz/files/3575.jpg>
- [19] Obrázek mandle. [online]. [cit. 11.2.2009]. Dostupné z: http://www.oahshb.cz/phprs/storage/Image/orechy/mandle_200.jpg
- [20] Beran O.: *Jezte mandle, jsou zdravé*. [online]. [cit. 17.1.2009] Dostupné z: <http://www.osel.cz/index.php?clanek=4022>
- [21] Obrázek para ořechy. [online]. [cit. 11.2.2009]. Dostupné z: <http://cms.tvuidum.cz/userdata/images/8597orechy02.jpg>

- [22] Obrázek pekanové ořechy. [online]. [cit. 11.2.2009]
<http://www.gotovim.ru/pics/bean/pekan.jpg>
- [23] Pecan. [online] [cit. 11.3.2009] Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Pecan_nut
- [24] Pecans as A Health Food. [online] [cit. 7.4.2009] Dostupní z: <http://aggie-horticulture.tamu.edu/extension/fruit/pecanhealth/pecanhealth.html>
- [25] Obrázek pinie. [online]. [cit. 11.2.2009]. Dostupné z:
<http://www.vareni.cz/include/ir/slovník/piniove-orechy/piniove-orechy--c125xc100.jpg>
- [26] Obrázek pistácie. [online]. [cit. 11.2.2009]. Dostupné z:
<http://www.bigmenu.cz/wimg/pistacie1.jpg>
- [27] Beran O.: Pistácie mohou zlepšit zdravotní stav srdce. [online]. [cit. 17.1.2009]. Dostupné z: <http://www.osel.cz/index.php?clanek=3966>
- [28] Obrázek vlašské ořechy. [online]. [cit. 11.2.2009]. Dostupné z:
<http://recepty.centrum.cz/img/photo/4/1/870.jpg>
- [29] Fraser, G., Sabate, J., Beeson, L. a kol.: A possible protective effect of nut consumption on risk of coronary heart disease. Archives of Internal Medicine. 1992., 152 p.
- [30] Obrázek dýňová semena. [online]. [cit. 11.2.2009]. Dostupné z:
<http://www.vitarian.cz/images/pumpkinseed.jpg>
- [31] Duben, čas pro okurky. [online]. [cit. 9.2.2009]. Dostupné z:
<http://www.floranazahrade.cz/200604/duben.htm>
- [32] Dýňová semena [online]. [cit. 17.9.2008]. Dostupné z: <http://www.dia-potravinny.cz/dyne-semena.html>
- [33] Obrázek slunečnicová semena. [online]. [cit. 11.2.2009]. Dostupné z:
<http://www.vareni.cz/include/ir/clanky/587/detail--260x.jpg>
- [34] Sommer, L. a kol.: Optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem a vysokoteplotních plamenech. Praha: Academia. 1992. 152 s. 1. vyd. ISBN 80-200-0215-4
- [35] Černohorský, T., Jandera, P.: Atomová spektroskopie. Univerzita Pardubice. 1997, ISBN 80-7194-114-X
- [36] ICP-MS Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry A primer. Agilent Technologies. USA. December 2005. Publication Number 5989-3526EN
- [37] Mihaljevič, M., Strnad, L., Šebek, O.: Využití hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem v geochemii. Chemické listy.[online] 2004. kap. 98, s 123-130. ISSN 00009-2770. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2004_03_02.pdf
- [38] Jarvis K.E., Gray A.L., Houk R.S.: Handbook of inductively coupled plasma mass spectrometry. New York: Blackie, 1992. ISBN 0-216-92912-1
- [39] Obrázek zamlžovač se sacím účinkem. [online]. [cit 22.3.2009]. Dostupné z:
<http://las.perkinelmer.com/Content/Images/smallImages/00472022ConcentricGlassNebulizer.jpg>
- [40] Obrázek mlžná komora. [online]. [cit 22.3.2009]. Dostupné z:
<http://las.perkinelmer.com/Content/Images/smallImages/N0775353.jpg>
- [41] Obrázek interface. [online]. [cit. 22.3.2009]. Dostupné z:
http://tomcat.prf.jcu.cz/sima/analyticka_chemie/spektraa_soubory/image016.jpg
- [42] Obrázek kvadrupól. [online]. [cit 22.3.2009]. Dostupné z:
http://www.vias.org/tmanalytik_germ/img/er_abb165.png
- [43] ICP-MS [online]. [cit. 17.9.2008]. Dostupné z:
<http://encyklopedie.seznam.cz/heslo/476776-icp-ms>
- [44] Krakovska, E., Kuss, H.M.: Rozklady v analytické chemii. 1.vyd. Košice: Viena Košice. 2001. 226 s. ISBN 80-88922-48-8
- [45] Plessi, M., Bertelli, D., Monzani, A., Simonetti, M.S., Neri, A., and Damiani, P.: Dietary Fiber and Some elements in Nus and Wheat Brans. Journal of food composition and analysis 12, 1999, 91-99 p.

- [46] Zbiral, J.: *Analýza rostlinného materiálu. Jednoduché metodické postupy*, Brno: SKZÚZ Brno, 1994, kap. 2.1.
- [47] Rodushkin, I., Engström, E., Sörlin, D., Barter, D.: *Levels of inorganic constituents in raw nuts and seeds on the Swedish market*. Science of The Total Environment. 392, Issues 2-3, March 2008, 290-304 p.
- [48] Momen, A.A., Zachariadis, G.A., Anthemidis, A.N., Stratis, J.A.: *Use of fractional factorial design for optimization of digestion procedures followed by multi-element determination of essential and non-essential elements in nuts using ICP-OES technique*. Talanta, 71, 2007, 443-451 p.
- [49] Cabrera, C., Lloris, F., Giménez, R., Klapla, M., López, C.: *Mineral content in legumes and nuts: contribution to the Spanish dietary intake*. Science of the Total Environment, 308, 2003, 1- 14 p.
- [50] *Vyhláška 157/2003 Sb.* [online]. [cit. 14.3.2009]. Dostupné z: <http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1006197&docType=ART&nid=11307>
- [51] *MLS – software report*. 1994. MLS-1200 MEGA. Report name: Sunflower seeds.
- [52] *Analýzátor rtuti AMA 254*. [online]. [23.4.2009]. Dostupné z: <http://www.natur.cuni.cz/lgu/labi07.html>
- [53] Gómez-Ariza, J.L., Arias-Borrego, A., García-Barrera, T.: *Multielemental fractionation in pine nuts (Pinus pinus) from different geographic origins by size-exclusion chromatography with UV and inductively coupled plasma mass spectrometry detection*. Journal of Chromatography A, 1112, 2006, 191-199 p.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

| | |
|--------|--------------------------------------------------------|
| AI | adequate intakes (adekvátní příjem) |
| ATP | adenosintrifosfát |
| CPS | count per second (pulzy za sekundu) |
| DDD | doporučená denní dávka |
| DRI | dietary reference intake (dietní referenční příjem) |
| ICP-MS | hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem |
| MD | mez detekce |
| NPM | nejvyšší přípustné množství |
| RDA | recommended dietary allowance (doporučená denní dávka) |
| RSD | relativní směrodatná odchylka |
| VV | výsledek vyloučen pro odlehlost |

8 SEZNAM PŘÍLOH

1. Doporučené denní dávky minerálů pro těhotné a kojící matky.

9 PŘÍLOHY

Příloha 1. Doporučené denní dávky minerálů pro těhotné a kojící matky [16]

| Název minerálu | Draslík (g) | Hořčík (mg) | Vápník (g) | Sodík (g) | Mangan (mg) | Měď (mg) | Selen (μg) | Zinek (mg) | Železo (mg) |
|----------------|-------------|-------------|------------|-----------|-------------|----------|------------|------------|-------------|
| Těhotné: | | | | | | | | | |
| 14 - 18 let | 4,7* | 400 | 1,3* | 1,5* | 2,0* | 1,0 | 60 | 12 | 27 |
| 19 - 30 let | 4,7* | 350 | 1,0* | 1,5* | 2,0* | 1,0 | 60 | 11 | 27 |
| 30 – 50 let | 4,7* | 360 | 1,0* | 1,5* | 2,0* | 1,0 | 60 | 11 | 27 |
| Kojící: | | | | | | | | | |
| 14 - 18 let | 5,1* | 360 | 1,3* | 1,5* | 2,6* | 1,3 | 70 | 13 | 10 |
| 19 - 30 let | 5,1* | 310 | 1,0* | 1,5* | 2,6* | 1,3 | 70 | 12 | 9 |
| 30 – 50 let | 5,1* | 320 | 1,0* | 1,5* | 2,6* | 1,3 | 70 | 12 | 9 |

* odpovídající příjem (AI = adequate intakes): AI je stanovena na základě experimentálně získaných dat a je odvozena od zřetelně dostatečného příjmu nutrientu u zdravých, dobře živěných skupin obyvatel, u nichž udržuje saturaci organismu definovanou např. normální hladinou nutrientu v krvi. Na rozdíl od RDA nebyla dosud adekvátně validována [16]